№10 (214) **ОКТЯБРЬ 2019**

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
ОТРАСЛЕВОЙ ЖУРНАЛ

С.О.К.

САНТЕХНИКА • ОТОПЛЕНИЕ • КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ • ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ • ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА

13 90-летие кафедры ВиВ НИУ МГСУ

44 Ремонт тепловых сетей: проблемы и решения

52 Мифы о VRF с водяным охлаждением

70 Гибридная ТЭС на основе ВИЭ

На правах рекламы.

0+

24-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
бытового и промышленного оборудования для отопления, водоснабжения, инженерно-сантехнических систем, вентиляции, кондиционирования, бассейнов, саун и спа

aqua THERM MOSCOW

11–14 февраля 2020
Крокус Экспо, Москва

Для бесплатного прохода
на выставку зарегистрируйтесь
на сайте, указав промокод **СОК**

aquatherm-moscow.ru

Организаторы

Reed Exhibitions® Hyve

Специализированные разделы

WORLD OF WATER & SPA AIRVent

реклама ООО «РЕПНС»

www.navien.pro

NAVIEN PRO КЛУБ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ

ЗАРАБАТЫВАЙ ВМЕСТЕ С NAVIEN

Вступай в клуб единомышленников и успешных партнеров!

Получи специальное коммерческое условие от официального дистрибьютора

Регистрируйся на сайте

Монтируй котлы NAVIEN

Копи баллы

Получай бонусы

На правах рекламы

СОДЕРЖАНИЕ

октябрь 2019

Интервью с заведующим кафедрой ВиВ НИУ МГСУ В. А. Орловым

25 октября 2019 года прошло торжественное мероприятие, посвящённое 90-летию факультета «Водоснабжение и водоотведение» НИУ МГСУ. В ходе мероприятия главный редактор С.О.К. Александр Гудко взял интервью у заведующего кафедрой «Водоснабжение и водоотведение» НИУ МГСУ В. А. Орлова.

13

Современные способы обработки осадков

Обработка осадков различного вида производится для получения конечного продукта, наносящего окружающей среде наименьший вред. В статье рассмотрены виды осадков, описаны допустимые способы их обработки, а также показано, в каких сооружениях и в каком количестве осадки образуются.

25

Энергоэффективность систем VRF с водяным охлаждением – миф?

Среди многих технических специалистов бытует ошибочное мнение о повышенной энергоэффективности VRF-систем с водяным охлаждением конденсатора. Это стало поводом для статьи, в которой автор рассмотрел вопрос сравнительной энергоэффективности систем VRF с воздушным и водяным конденсатором.

52

Влияние эффекта тяги на воздухообмен в высотном здании

Статья посвящена исследованию воздухообмена высотного жилого здания с естественным притоком и механической вытяжкой под влиянием гравитационного давления в различные периоды года. Рассмотрены основные проблемы, возникающие вследствие значительных перепадов давления на ограждающих конструкциях.

56

Гибридная ТЭС на основе ВИЭ

В статье показано, что в странах со значительными ресурсами солнечной и геотермальной энергии, например, Эфиопии, можно построить электроэнергетику в значительной мере на основе использования этих ресурсов. На примере геотермального поля Тендахо рассмотрены варианты использования упомянутых ресурсов для электроэнергетики.

70

Краснодарский край: солнечное теплоснабжение

Солнечная энергетика лидирует в мире среди всех видов энергетики, основанной на ВИЭ. Установленная мощность солнечных электростанций Краснодарском крае составляет 8 МВт (10 тыс. м³). Этот регион — пионер наземного применения фотоэнергетики ещё с времён СССР (с 1964 года), а также — гелиоустановок для систем теплоснабжения.

60

Ежемесячный отраслевой журнал
№ 1867 в Перечне ВАК Министерства образования и науки РФ (от 18.07.2019)
Учредитель и издатель:
ООО Издательский дом «МЕДИА ТЕХНОЛОДЖИ»
Директор:
Константин Михасев
Главный редактор:
Александр Гудко
Технический редактор:
Сергей Брух
Руководитель отдела рекламы:
Татьяна Пучкова
Ответственный секретарь:
Ольга Юферева
Дизайн и верстка:
Роман Головко

Редакционная коллегия:
Председатель:
С. Д. Варфоломеев, член-корр. РАН, д.х.н., проф., ИБХФ им. Н. М. Эмануэля РАН
Сопредседатели:
А. С. Сигов, акад. РАН, д.ф.-м.н., проф., МИРЭА
Ю. Ф. Лачуга, акад. РАН, член президиума РАН, д.т.н., проф.
Заместитель председателя:
И. Я. Редько, д.т.н., проф., ИБХФ им. Н. М. Эмануэля РАН
Секция «Сантехника»
В. А. Орлов*, д.т.н., проф., ФГБОУ ВПО «МГСУ»
Е. В. Алексеев, д.т.н., проф., ФГБОУ ВПО «МГСУ»
Ж. М. Говорова, д.т.н., проф., ФГБОУ ВПО «МГСУ»
Секция «Отопление и ГВС»
В. И. Шарапов*, д.т.н., проф., ФГБОУ ВПО «УлГТУ»
А. Б. Невзорова, д.т.н., проф., БелГУТ
М. В. Бодров, д.т.н., доцент, ФГБОУ ВПО ННГАСУ
П. И. Дячек, д.т.н., проф., БНТУ
Секция «Кондиционирование и вентиляция»
М. В. Бодров*, д.т.н., доцент, ФГБОУ ВПО ННГАСУ
Т. А. Дацюк, д.т.н., проф., СПбГАСУ
Г. М. Позин, д.т.н., проф., СПбГУТД
В. И. Прохоров, д.т.н., проф. кафедры «ТГиВ», НИУ МГСУ
Секция «Энергосбережение»
Э. Е. Сон*, акад. РАН, д.ф.-м.н., проф., МФТИ
В. Ф. Матюхин, д.т.н., проф., Центр МИРЭА
О. А. Сотникова, д.т.н., проф., ВГТУ
С. К. Шерьязов, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО ЮУрГАУ
А. Б. Невзорова, д.т.н., проф., БелГУТ
Секция «ВИЭ»
В. В. Елистратов*, д.т.н., проф., ФГБОУ ВПО СПбГПУ
Д. С. Стребков, акад. РАН, ВИЭСХ ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
П. П. Безруких, д.т.н., акад.-секр. секции «Энергетика» РИА
В. А. Бутузов, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО КубГАУ
М. Г. Тягунов, д.т.н., проф., НИУ «МЭИ»
А. Б. Невзорова, д.т.н., проф., БелГУТ
В. Г. Николаев, д.т.н., директор НИЦ «Атмограф»
С. В. Грибков, к.т.н., с.н.с., ФГУП ЦАГИ, учёный секретарь Комитета ВИЭ РосСНИО, акад. РИА
Секция «Биоэнергетика»
Р. Г. Василов*, д.б.н., проф., президент ОБР
Ю. Ф. Лачуга, акад. РАН, член президиума РАН, д.т.н., проф.
В. В. Мясоедова, д.х.н., проф., эксперт РАН, ФБГУН ИХФ РАН
А. Н. Васильев, д.т.н., проф., ВИЭСХ ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
Секция «Тепловые двигатели»
В. С. Кукис*, д.т.н., проф., ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»
А. А. Малозёмов, д.т.н., проф., ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»
Т. Ю. Салова, д.т.н., проф., Военный институт ВУНЦ ВМФ
А. Е. Свистула, д.т.н., проф., АлтГТУ им. И. И. Ползунова
* Руководитель секции.

Адрес редакции:
143085, Московская обл., Одинцовский р-н, раб. пос. Заречье, ул. Тихая, д. 13, корп. 2
Тел/факс: +7 (499) 967-77-00
E-mail: *media@mediatechnology.ru*
Свидетельство о регистрации СМИ: ПИ № ФС77-56668.
Перепечатка фотоматериалов и статей допускается лишь с письменного разрешения редакции и обязательной ссылкой на журнал (в том числе в электронных СМИ). Мнение редакции может не совпадать с точкой зрения авторов. Редакция не несет ответственности за информацию, содержащуюся в рекламных объявлениях.
Адрес в Интернете:
www.c-o-k.ru, www.forum.c-o-k.ru
Отпечатано в типографии:
«Тверской Печатный Двор», Россия.
Тираж 15 000 экз., цена свободная.
С.О.К.® — зарегистрированный торговый знак.
ISSN 1682-3524

214-й номер
октябрь 2019

Новости 4

События

Репортаж с мероприятия: 90 лет кафедре ВиВ НИУ МГСУ 13

Сантехника и водоснабжение

Теоретическая разработка модели ультразвукового воздействия на минерально-липидные соединения в воде 14

Защита водных объектов от техногенных загрязнений при отведении поверхностных сточных вод с территорий городов и поселений 17

Теоретические исследования движения пузырьков воздуха в потоке воды при аэрации 22

Современные способы обработки осадков 25

Отопление и ГВС

Воздушные тепловые насосы De Dietrich 28

Программа лояльности NAVIEN PRO 30

Исследование теплотехнических характеристик низкотемпературных инфракрасных излучателей 32

Программное обеспечение для имитационного моделирования автономных теплоэнергетических установок 38

Ремонт тепловых сетей: проблемы и решения 44

Кондиционирование и вентиляция

Путешествие в мир передовых технологий для домашнего комфорта с LG Electronics 48

Разрушаем миф о энергоэффективности систем VRF с водяным охлаждением конденсатора 52

Влияние эффекта тяги на воздухообмен в высотном жилом здании 56

Энергосбережение и ВИЭ

Солнечное теплоснабжение в Краснодарском крае 60

Солнечная электростанция для «умного дома» 66

Научная модель способна выбрать месторасположение ветропарка и спрогнозировать его производительность 68

Гибридная тепловая электростанция на основе возобновляемых энергетических ресурсов 70

Оптимальные подходы к повышению энергоэффективности многоквартирных домов 76

Обоснование конструкций из композитных материалов для создания малых и микро-ГЭС в условиях малых водотоков 80

Оптимизация выбора теплоизоляционного материала для наружных ограждений 86

О молекулярном генераторе тепловой энергии нового поколения АТП-ТермаРОН 88

References 94

Одной строкой

- Концерн Grundfos совместно с компанией Ericsson получил авторитетную международную премию IoT Global Award за сотрудничество в области «интернета вещей». Награда присуждена за разработку решений для прогнозирования сроков ремонта и замены насосов.
- На базе промышленного технопарка инженерных, климатических систем и электроники в городе Киржач Владимирской области состоялось торжественное открытие нового завода по производству стальных панельных радиаторов промышленной группы Royal Thermo.
- На строительной площадке Сулинской ВЭС завершён монтаж первой ветроэнергетической установки. Это явилось важным этапом в реализации инвестпрограммы Фонда развития ветроэнергетики (совместного инвестфонда ПАО «Фортум» и АО «Роснано»).
- С 1 января 2020 года немецкое отопительное оборудование Rotex будет выпускаться под маркой Daikin. Позже, весной 2020-го, Daikin и Rotex объединят свои мощности в продажах, маркетинге и сервисе.
- 10 октября 2019 года в городе Ступино состоялась торжественная церемония открытия в России завода по производству стальных панельных радиаторов Kermi. Компания Kermi GmbH приняла решение о строительстве завода в Московской области в 2017 году.
- Азия может увеличить установленную мощность собственной наземной ветроэнергетики с 230 ГВт в 2018 году до более чем 2,6 МВт к 2050 году, говорится в докладе Международного агентства по возобновляемой энергии (IRENA).
- В Волховском районе Ленинградской области идут подготовительные работы по строительству и введению в эксплуатацию ветропарка мощностью 68,4 МВт. ВЭС заработает в 2023 году.
- По данным Американской Ассоциации ветроэнергетики (AWEA), установленная мощность ветроэнергетики в США впервые достигла 100 ГВт. Для этого потребовалось 40 лет, причем ветроустановки суммарной мощностью 75 ГВт были введены за последние 11 лет.
- Парламент Новой Зеландии принял закон, который обязывает правительство обеспечить «углеродно-нейтральную» экономику к 2050 году. Выбросы углекислого газа от деятельности промышленных предприятий, частных и госкомпаний к установленному сроку должны быть сведены к нулю.

Thermex

«Термекс» разогревает газовый рынок Европы

Корпорация «Термекс» ввела в эксплуатацию новый завод в Турции по производству бытовых газовых настенных отопительных котлов, в том числе для продажи на российском рынке. Производственная мощность первой введённой в строй технологической линии составляет 100 тыс. штук в год. Планируется, что по мере развития производительность завода будет расти.

На линии изготавливаются конвекционные и конденсационные одно- и двухконтурные настенные газовые отопительные котлы мощностью 24, 28 и 35 кВт. На заводе будет производиться универсальная продукция для продажи во многих странах мира, в том числе на российском рынке и в странах СНГ. Планируется, что около 50 % всего объёма продукции будет производиться на экспорт.

Основной упор на новом производстве сделан на систему проверки качества. Для многочисленных испытаний котлов используется уникальное лабораторное оборудование, проводятся исследования условий эксплуатации, тесты на жизненный цикл продукта.

По оценкам экспертов, ёмкость рынка газовых котлов в Турции находится на уровне одного миллиона штук. Основные игроки на этом рынке: Vaillant, Baymak, Bosch, Ferroli, BAXI, Viessmann, Buderus, Ariston.

Viessmann

Новые настенные конденсационные котлы Viessmann Vitodens

Компания Viessmann вывела на российский рынок новую линейку настенных конденсационных котлов Vitodens 200-W/222-F мощностью до 32 кВт. Линейка включает две модификации котла: Vitodens 200-W тип B2HE — это одноконтурные котлы номинальной мощностью 19, 25 и 32 кВт; Vitodens 222-F тип B2SE — это одноконтурные котлы номинальной мощностью 19, 25 и 32 кВт со встроенным бойлеров косвенного нагрева объёмом 130 л. Появление новых моделей ознаменовало вывод на рынки нового поколения контроллеров Viessmann E3, идущих в ногу с современным реалиями рынка цифровых технологий. Новые контроллеры получили: большой цветной семидюймовый сенсорный экран с дружелюбным к пользователю интерфейсом управления котлом; интегрированный модуль Wi-Fi для беспроводного подключения к сети Internet и удалённого управления котлов с помощью приложения ViCare; возможность проведения пусконаладочных работ и последующей настройки параметров установки с помощью смартфона с установленным приложением ViStart для iOS и Android.

Котёл получил новейшее поколение фирменных инфракрасных горелок MatriX с ещё более высокой эффективностью сжигания топлива и низкими выбросами вредных веществ. Теперь минимально возможная мощность горелки у котла 32 кВт составляет всего 1,9 кВт, то есть горелка имеет модуляцию 1:17, что обеспечивает не только высочайшую стабильность работы, но уникальной низкий уровень шума при работе котла.

Grundfos

Расширение линейки установок повышения давления Hydro Multi-E

Grundfos расширил продуктовый ряд комплектных установок повышения давления Hydro Multi-E. Линейка установок пополнилась моделями на базе насосов Grundfos CRE 32 и CRE 45 с электродвигателями мощностью до 11 кВт включительно. Новые модели доступны с двумя, тремя и четырьмя насосами в установке.

Grundfos Hydro Multi-E — установки повышения давления, предназначенные для перекачки и повышения давления чистой воды в многоквартирных домах, гостиницах, промышленных предприятиях, медицинских учреждениях и учебных заведениях. Новые модели включают в себя от двух до четырёх насосов CRE 32 и CRE 45, соединённых параллельно и смонтированных на общей раме-основании со всей необходимой арматурой. Насосы оснащены энергоэффективными электродвигателями MGE с постоянными магнитами и преобразователями частоты.

Подключение к Hydro Multi-E может осуществляться с помощью приложения Grundfos Go Remote и модуля связи MI. Это даёт станции широкий спектр дополнительных настроек, а также возможность диспетчеризации. Grundfos Go Remote используется для считывания рабочих данных, индикаций аварийных сигналов, создания отчётов и т.д. При этом оператор может контролировать и изменять настройки станции удалённо.

Viessmann

Модуль диспетчеризации и удалённого управления Vitoconnect

Компания Viessmann вывела на российский рынок новый модуль диспетчеризации и удалённого управления Vitoconnect. Блок Vitoconnect обеспечивает связь владельца (или сервисного центра) с отопительным котлом посредством сети Internet. Для связи с котлом используется интерфейс OpenTherm или OptoLink, модели Vitoconnect OT2 и Vitoconnect Opto2, соответственно.

Установка Vitoconnect в качестве дополнительного оборудования возможна для котлов начиная с 2017 года выпуска, оснащённых интерфейсом OpenTherm, и котлов начиная с 2004 года выпуска, поддерживающих протокол OptoLink. Подключение к контроллеру теплогенератора осуществляется с помощью одного кабеля — двухжильного 0,5 мм^2 для OpenTherm и оптического для OptoLink.

Новое поколение котлов Vitodens 200-W тип B2...E, продажи которых в России стартовали осенью 2019 года, оснащено модулем передачи данных в заводской комплектации — владельцам этих агрегатов достаточно будет обеспечить соединение оборудования с домашней сетью Wi-Fi через роутер.

Для взаимодействия с установкой пользователь применяет приложение ViCare App, доступное для устройств под управлением iOS и Android, которое позволяет с помощью смартфона управлять всеми имеющимися контурами отопления (до трёх), а также в любой момент проверить, правильно ли работает система отопления. Простая цветовая кодировка (от зелёного к жёлтому или красному) показывает, есть ли неисправность и требуется ли техническое обслуживание.

Viega

Новые кнопки смыва Visign for More 200

Компания Viega представила новую серию кнопок смыва Visign for More 200, созданную совместно с дизайн-бюро ARTEFAKT design из Дармштадта (Германия). Серия кнопок получила награду выставки ISH за дизайн — престижный знак качества Design Plus powered by ISH 2019. Поистине уникальной особенностью дизайна новых кнопок является отделка шпоном натурального дерева. Тонированный морёный дуб привносит в ванную комнату ощущение природы и тепла благодаря не только привлекательному внешнему виду и тактильным ощущениям, но также и позитивному влиянию на климат помещения. Обе клавиши вырезаны «из одного ствола», то есть имеют парный узор. Это делает каждую кнопку смыва уникальным изделием.

Поскольку ванные столь же разнообразны, как их пользователи, в системе Viega Visign найдётся подходящая кнопка смыва для любых санузлов и вкусов — от эмоциональных до рациональных, от сдержанных до экстравагантных. Варианты Visign for More 200, выполненные из цельного высококачественного закалённого стекла, выделяются особой элегантностью и блеском, расставляя чёткие акценты в интерьере.

Новые кнопки смыва Viega Visign монтируются без использования инструментов. Кроме того, все новые кнопки смыва совместимы со смывным бачком Prevista. Поэтому выбор дизайна определяется только вкусом, а не техникой. Для всех кнопок смыва Visign for More возможен монтаж заподлицо с кафельной плиткой, а также установка загрузочной шахты.

Так, две кнопки смыва серии Visign for More в качестве опции или в серийном исполнении оснащены световой монтажной рамкой, реагирующей на движение, — для ориентации в темноте.

ВИЭ

Tesla Solar Roof третьего поколения

Компания Tesla выпустила третью версию солнечных панелей Solar Roof. Новые солнечные панели стилизованы под французский сланец — черепицу. Об этом сообщает международное издание о дизайне и архитектуре Designboom. Новые панели Solar Roof выглядят как обычная кровельная черепица. В предыдущих версиях панели с помощью гидрографической печати были стилизованы под французский шифер и тосканское стекло.

Плитка изготовлена из закалённого стекла, которое в три раза прочнее предыдущей версии. При этом в новом продукте использовано вдвое меньше деталей. Это позволило снизить расходы и время установки черепицы. По словам гендиректора Tesla Илона Маска, на черепицу даётся 25-летняя гарантия.

Установка новой солнечной черепицы обойдётся дешевле, чем замена крыши и установка отдельных солнечных батарей. Эффективность новинки ниже, чем традиционных солнечных панелей, однако, поскольку черепица покрывает бóльшую поверхность, на общей выработке энергии это не сказывается.

Одним из достоинств новых плиток Solar Roof является простота монтажа. Если верить производителю, крышу целиком можно установить за восемь часов. Речь идёт о комплекте для среднего дома площадью около 185 м^2 и мощностью 10 кВт. Стоит такой комплект примерно $34 тыс. с учётом компенсации за установку солнечных батарей.

ВИЭ

Освобождение от НДФЛ продажи энергии с ВИЭ-станций до 15 кВт – есть прогресс

Госдума РФ приняла в первом чтении законопроект, освобождающий россиян от уплаты налога на доходы физических лиц (НДФЛ), полученные в результате продажи излишков электроэнергии, произведённой на собственных электростанциях малой мощности на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Документ инициирован Правительством РФ в соответствии с планом стимулирования развития микрогенерации в России.

Под определение микрогенерации попадают ВИЭ-проекты с установленной мощностью до 15 кВт, которые используются потребителем для производства электроэнергии для собственных бытовых и производственных нужд. Предполагается, что потребитель сможет продавать излишки произведённой электроэнергии в сеть. Предусматривается, что норма в части освобождения доходов, полученных налогоплательщиками от продажи электрической энергии, будет применяться до 1 января 2029 года.

Источник: ТАСС.

«Ламмин»

Ставка на импортозамещение

Компания «Ламмин» продолжает следовать курсу на импортозамещение и сообщила о начале производства полипропиленовых кранов серии Premium на базе новых пресс-форм. Ассортимент кранов шаровых представлен диаметрами от 20 до 63 мм. Краны радиаторные — прямые и угловые; типоразмеры: 20×½″ и 25×¾″. Исполнение в белом и сером цвете.

Перед заказом пресс-форм инженерами компании был проведён тщательный анализ рынка и изучение всех стандартов, связанных с данной продукцией. В результате выполненной работы были выявлены особенности, которые позволяют новым полипропиленовым фитингам соответствовать стандартам ГОСТ 34292–2017 и ГОСТ 32415–2013 и иметь конкурентоспособную цену.

Вся продукция производится из высококачественного первичного сырья, которое проходит входной контроль в собственной аккредитованной лаборатории компании. Соответствие стандартам качества продукции подтверждено испытаниями в «НИИ Сантехники».

Учитывая основные требования по надёжности и практичности, шаровые краны серии Premium являются полнопроходными, что

позволяет уменьшить гидравлическое сопротивление и увеличить пропускную способность. Это даёт возможность использовать их в специфических условиях, например, на трубопроводах, работающих с несжимаемыми жидкостными средами.

У кранов 40–63 мм сальниковый узел сделан более герметичным и практичным за счёт увеличения количества уплотнительных колец до трёх.

Для удобства при использовании на ручках шаровых кранов предусмотрены цветные (синие и красные) заглушки для идентификации трубопровода, а сами ручки выполнены из прочного материала — АБС-пластика, что делает их долговечными и надёжными на протяжении всего периода эксплуатации крана.

Выставки

Началась регистрация на выставку Aquatherm Moscow 2020

Открылась онлайн-регистрация посетителей на выставку Aquatherm Moscow 2020. Самое главное событие индустрии откроет свои двери для профессионалов отрасли 11–14 февраля 2020 года в Москве, в МВЦ «Крокус Экспо».

Более 770 производителей и поставщиков из 32 стран мира представят своё оборудование на самой крупной в России и странах Восточной Европы выставке оборудования для отопления и водоснабжения Aquatherm Moscow в продуктовых группах: отопительное оборудование; оборудование для водоснабжения; трубы, фитинги, арматура; бассейны и оборудование для бассейнов и бань; КИП и системы автоматизации; оборудование для систем вентиляции, кондиционирования и климатического контроля.

Посетив Aquatherm Moscow, вы сможете за короткий срок выбрать оборудование для отопления и водоснабжения различного ценового диапазона, расширить ассортимент в соответствии с актуальными потребностями ваших покупателей, ознакомиться с новинками российского рынка.

Своё участие уже подтвердили более 500 компаний — лидеров индустрии. Более 100 компаний примут участие в выставке впервые. Предварительный список участников уже опубликован на сайте выставки.

Для бесплатного посещения выставки получите электронный билет, указав промокод **СОК**

WOLF

BIM в проектах от WOLF

В Екатеринбурге прошёл «Форум 100 Плюс» (100+ Forum Russia) — международный конгресс, посвящённый проектированию, строительству, финансированию и эксплуатации высотных и уникальных сооружений. Представители индустрии — гости из более чем 100 городов России и мира — съехались в столицу Урала уже в шестой раз. Применение технологии информационного моделирования объектов капитального строительства обсуждали более 40 экспертов, использующих технологии Building Information Modeling (BIM) на различных этапах жизненного цикла зданий: заказчики, проектировщики, строители и эксплуатирующие организации. В рамках сессии «Информационное моделирование строительных объектов» приняла участие и компания WOLF.

Артём Гончаров, менеджер компании WOLF, специализирующийся на нестандартных решениях в промышленной вентиляции, рассказал посетителям об особенностях BIM-моделирования установок вентиляции и кондиционирования, а также о вкладе WOLF в развитие информационного моделирования строительных объектов с использованием вентиляционных установок: *«Нужно отметить, что уровень застройщиков сейчас достиг такого уровня, что BIM-моделирование стало неотъемлемой частью проектов и очень востребовано среди проектных организаций. Это позволяет значительно ускорить процесс технического решения и, главное, затем эффективно эксплуатировать здание. BIM-модель отличается от 3D-модели тем, что содержит в себе информацию — свойства и описания. Заказчик вводит данные, необходимые для эксплуатации, потому что только он знает, например, какое будет энергопотребление вентиляторов, какие фильтры будут заменены, он задаёт параметры в зависимости от региона и чистоты воздуха. И BIM-модель ему говорит, какие через полгода понадобятся затраты на электроэнергию или на тепло. Это умное использование ресурсов»*.

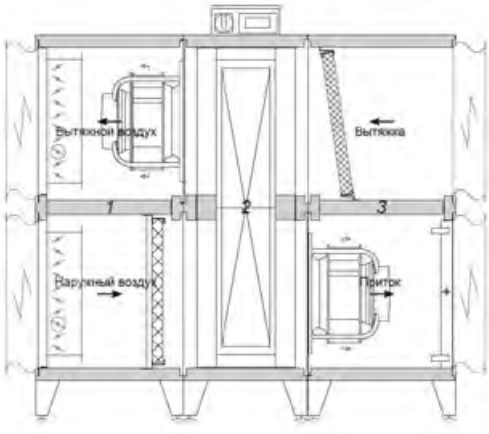
Екатеринбург имеет все шансы стать столицей технологий Building Information Modeling — такое заявление на форуме сделал заместитель главы Минстроя России Дмитрий Волков. В столице Уральского федерального округа с применением информационного моделирования уже построены школа, больница и музей.

WOLF НАСТРОЕН НА ТЕБЯ.

Профессиональные системы отопления и вентиляции из Германии

ПРОСКАНИРУЙТЕ ТЕЛЕФОНОМ

И ОЦЕНИТЕ BIM-МОДЕЛЬ ОТ WOLF В ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ



CRL 9000

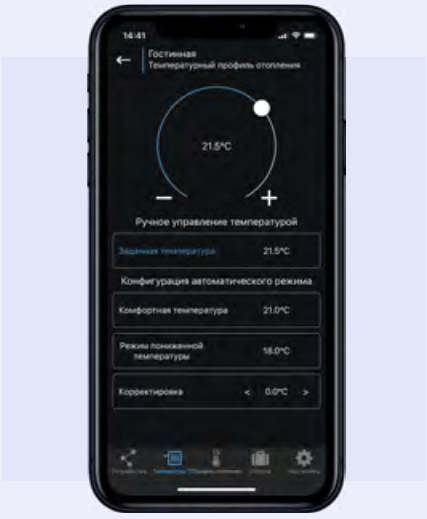
реклама

WOLFRUS.RU
8-800-100-21-21

Oventrop

Электронный беспроводной термостат mote 200

Компания Oventrop сообщила о начале поставок электронного беспроводного термостата mote 200 с Bluetooth и управлением через приложение. Данный термостат предназначен для регулирования температуры помещения. Значение температуры может быть легко установлено с помощью сенсорных кнопок на термостате или запрограммировано через приложение. Беспроводная коммуникация mote 200 и смартфона/планшета происходит по протоколу Bluetooth.



Основные характеристики: управление через приложение на смартфоне или планшете; временно́е программирование; функция самообучения; функция защиты от закисания штока вентиля; защита от детей; распознавание открытого окна; индикатор уровня заряда батареи; резьбовое соединение: M30×1,5; электропитание — две батарейки типа AA (идут в комплекте). В комплект поставки входят адаптеры для подключения к регулирующим вентилям (клапанам) типа RA, RAV и RAVL.

Pipelife

Master 3 Plus – новая бесшумной система канализационных труб и фитингов

Компания Pipelife представила новую бесшумную канализацию Master 3 Plus, продажи которой в России начались в апреле этого года. Master 3 Plus — это передовая система канализационных труб и фитингов, отвечающая всем актуальным вызовам в жилищном строительстве и реконструкции жилья.

Труба состоит из трёх оптимально подобранных слоёв, которые придают ей высокую жёсткость, превосходное шумопоглощение и хорошую ударную прочность. Система Master 3 Plus также оснащена усовершенствованными фитингами повышенной жёсткости с массивными утолщёнными стенками и отметкой глубины вставки трубы в раструб. Его новая форма обеспечивает плавный переток жидкости от трубы к фитингу без её смещения и разрыва. Это значительно уменьшает турбулентность потока и, как следствие, шум. Система сохраняет герметичность даже при разрежении до –0,8 бар. В результате такие фитинги обладают отличными звукоизоляционными свойствами и обеспечивают удобство и надёжность при монтаже. Для производства компонентов Pipelife используется только тщательно подобранное высококачественное сырьё. Современная трёхслойная технология экструзии и изготовления раструба обеспечивает надёжную посадку и герметичность.

Срок службы бесшумной канализации Master 3 Plus составляет 50 лет, максимальная допустимая температура стоков +95 °C. Система устойчива к воздействию кислот и щелочей в диапазоне pH = 2–12.

ВИЭ

Электроснабжение 2050 года

Согласно данным доклада консалтинговой компании Bloomberg New Energy Finance (BNEF), к 2050 году доля ветровой и солнечной энергии в мировом энергоснабжении вырастет с нынешних 7% до 48%. В документе BNEF под названием «Новый энергетический прогноз на 2019 год» (New Energy Outlook 2019) утверждается, что это обусловлено значительным снижением стоимости электроэнергии, произведённой за счёт использования этих двух источников.

В то же время использование ископаемых видов топлива в качестве средств генерации значительно сократится: доля угля упадёт с 37% до 12%; нефть же, как источник энергии, будет «практически ликвидирована». Использование гидроэнергетических, атомных мощностей и природного газа останется на прежнем уровне.

В BNEF прогнозируют, что к 2050 году спрос на электроэнергию вырастет на солидные 62%, что привлечёт в сектор ВИЭ новые инвестиции в объёме $13,3 трлн. На долю ветроэнергетики из этой суммы придётся $5,3 трлн, на долю солнечной — $4,2 трлн. Без учёта этих инвестиций технология энергонакопления может получить дополнительные $840 млрд, а на расширение энергосистем потребуется $11,4 трлн новых инвестиций.

Специалисты группы компаний Bloomberg также прогнозируют наиболее быстрый отказ от использования углеводородов в Европе, поскольку к 2050 году 92% всей электроэнергии здесь будет поступать от генерации, основанной на возобновляемых источниках энергии. В Китае и США процесс «декарбонизации» будет происходить медленнее ввиду накопленных Поднебесной мощностей угольных электростанций и изобилия сжиженного природного газа в Америке.

Источник: power-technology.com. Перевод: РАВИ.

Выставки

«Энергосбережение и энергоэффективность»

1–4 октября в КВЦ «Экспофорум» прошла выставка «Энергосбережение и энергоэффективность. Инновационные технологии и оборудование» — одно из самых известных специализированных отраслевых событий. Новейшее оборудование и решения представили компании: ООО «Горэкс-Светотехника», ООО «ЛюксОН», ООО «Матрица», НПП «Сенсор», ООО «Теплообмен», ООО «Фотон», ООО «Центр инфракрасных излучателей» и прочие. Каждый год участники привозят на выставку всё более продвинутые и современные решения для энергетической отрасли. Свои новые продукты показали: ООО «Центр специальных коммуникаций», «А-Контракт», ООО «Завод «ГОРЭКС — Светотехника», компания «Энергон», ООО «Хаит и партнёры», ООО «Псковский завод электронной техники», ООО «Центр специальных коммуникаций», фирма «Матрица», компания «РосЭнергоКонтакт», ООО «Центр инфракрасных излучателей», ОАО «Ардатовский светотехнический завод», ООО «ЛЕД-Эффект», ЗАО «Техношанс» и многие другие.

Международный Конгресс «Энергосбережение и энергоэффективность — динамика развития» сопровождал работу выставки. Главными темами Конгресса 2019 стали цифровизация, разработки инноваций и пути их внедрения, проектирование, надёжность и безопасность. В дни работы конгресса прошло выездное заседание отделения по СЗФО НЭС при Рабочей группе Совета Федерации ФС РФ по мониторингу реализации законодательства в области энергетики, энергосбережения и повышения энергоэффективности. Параллельно состоялись круглые столы «Централизованная и распределённая энергетика. Вопросы интеграции. Местные низкокалорийные виды топлива», «Инновации в энергетике для северных и удалённых территорий», «Перспективы воссоздания производства энергетических газотурбинных установок в РФ», «Инновации в помощь повышению надёжности и безопасности отечественной энергетики», «Актуальные вопросы разработки, проектирования и внедрения инноваций: Проектирование в тепло- и газоснабжении», «Концессионные соглашения — практические аспекты подготовки, заключения и реализации. Опыт. Преграды. Перспективы», а также научно-практическая конференция «Трансформация электроэнергетических систем». Выставка «Энергосбережение и энергоэффективность. Инновационные технологии и оборудование» прошла совместно с международными выставками «Рос-Газ-Экспо» и «Котлы и горелки».

Выставки

«Котлы и горелки». Пост-релиз

1–4 октября в КВЦ «Экспофорум» прошла выставка «Котлы и горелки» — одна из крупнейших отраслевых площадок, демонстрирующая новейшие научно-технические разработки и решения в области теплоэнергетики. Организатор — ВО «Фарэкспо». Новейшие оборудование и решения представили крупнейшие компании рынка: ООО «Авитон», ООО «Агуна Тепло», АО «НПП «Алмаз», ООО «ПО «ВИТ-Техгаз», ООО «ПТО «Волга-Газ», ЗАО «Омский завод инновационных технологий», АО «Подольский машиностроительный завод», ООО «Термогаз» и прочие.

В рамках выставки тысячи специалистов обсуждали самое современное оборудование и разработки в области теплоэнергетики, проблемы энергетики в промышленности и ЖКХ, инфраструктурного развития территорий, энерго- и экологической безопасности. Большое количество новых разработок в области теплоснабжения показали ведущие российские и зарубежные компании: ООО «Авитон», ЗАО «ОмЗИТ», костромские компании ООО «Сапони», ООО «Лаворо» (Lavoro Eco) и ООО «Волга» (при поддержке ГАУ «Агентство инвестиций и развития предпринимательства Костромской области»), компания Tedom, АО «НПП «Алмаз», ООО «Деви», ООО «Новохим Саратов», ООО «ЗЕГА» и многие другие.

Международный Конгресс «Энергосбережение и энергоэффективность — динамика развития» сопроводил работу выставки. В рамках выставки прошло пленарное заседание «Энергоэффективность — динамика развития: инновации, цифровизация, безопасность». Параллельно состоялись круглые столы «Централизованная и распределённая энергетика. Вопросы интеграции. Местные низкокалорийные виды топлива» и «Инновации в решении задач повышения энергоэффективности и безопасности отечественной энергетики», а также семинары «Актуальные вопросы разработки, проектирования и внедрения инноваций: Проектирование в тепло- и газоснабжении» и «Цифровизация в тепло- и электроснабжении. Задачи и инструменты».

FRISQUET Paris

Приложение FRISQUETCONNECT

Мой котел всегда на связи

С приложением FRISQUETCONNECT представьте только, что Ваш смартфон управляет Вашим котлом…
…Вы можете уточнить информацию, изменить настройки, находясь при этом на прогулке, на диване, в любой комфортной обстановке

- Простая установка
- Небольшие размеры (мм) Ш 148 x В 104 x Т 29
- Высокая прочность
- Простое и интуитивное управление
- Подходит для всех котлов FRISQUET с автоматикой Visio

Приложение FRISQUETCONNECT доступно для смартфонов, планшетов и компьютеров, скачивается бесплатно

Télécharger dans l'App Store
DISPONIBLE SUR Google Play

Традиции качества & инноваций для более 20 лет комфорта

- Frisquet — марка, известная всей Европе
- Широкая гамма продукции, сертифицированной в России
  - котлы EVOLUTION Visio, CONDENSATION Visio от 14 до 45 кВт
  - котельная Visio от 57 до 270 кВт (настенная или напольная)

ГАЗОВЫЕ КОТЛЫ
www.frisquet-russia.ru

На правах рекламы.

ВИЭ

В Омске заработала первая солнечная электростанция

На территории Омского нефтеперерабатывающего завода запущена в эксплуатацию солнечная электростанция. Инвестиционный проект «Газпром нефти» по внедрению «зелёной» энергетики является частью программы развития Омского НПЗ, которую компания начала в 2008 году.

В торжественной церемонии запуска электростанции приняли участие губернатор Омской области Александр Бурков, генеральный директор ОНПЗ Олег Белявский, начальник департамента энергетики блока логистики переработки и сбыта ПАО «Газпром нефть» Владимир Андреев, директор бизнес-единицы «Инжиниринг и генерация» группы компаний «Хэвел» Олег Шуткин.

Как рассказал генеральный директор Омского НПЗ Олег Белявский, первая солнечная электростанция будет обеспечивать электроэнергией комплекс административных зданий нефтезавода, в том числе единый бытовой комплекс на 2600 человек.

Alfa Laval

Модульное решение Alfa Laval

На выставке «Нева 2019 — Expoforum», прошедшей в Санкт-Петербурге с 17 по 20 сентября 2019 года, компания Alfa Laval представила установку очистки судовых вод PureBallast. Модульное решение поможет модернизировать российский морской флот в соответствии с международными стандартами экологической безопасности.

Технология очистки, используемая в установке, основывается на применении ультрафиолетовых ламп. Фильтр тонкой очистки позволяет удалять микроорганизмы размером до 20 мкм. В отличие от обычных химических очистных и обеззараживающих установок, которые требуют больших затрат на расходные материалы, данное оборудование экономично в эксплуатации и удобно в техническом обслуживании. Реактор из коррозионно-стойкой стали спроектирован с учётом возможности безразборной мойки, что значительно удешевляет сервисные работы по сравнению с аналогами.

Для судовладельцев важна географическая доступность сервисного обслуживания, поэтому ключевым вопросом является широкая сервисная сеть Alfa Laval, которая покрывает все крупнейшие порты России. Более 30 сервисных инженеров и обученных специалистов компаний-партнёров работают в Северо-Западном регионе, во Владивостоке, в Москве, Самаре, а также в Ростове-на-Дону.

ВИЭ

В Москве пройдёт «Форум РАВИ-2020»

Профессиональное сообщество ветроэнергетиков снова собирается на свой национальный форум. Российская Ассоциация Ветроиндустрии начала подготовку к ежегодному, уже ставшему традиционным мероприятию RAWI Forum, которое пройдёт 19–20 февраля 2020 года в Москве.

Информационную поддержку мероприятию оказывает журнал С.О.К.

РАВИ формирует повестку дня и объявляет о сборе предложений докладов и предложений от партнёров Форума. Оргкомитет и члены правления рассмотрят предложения участников рынка о партнёрстве и сформируют повестку дня RAWI Forum 2020, который продлится два дня и охватит все аспекты развития нового рынка.

Зарегистрироваться в качестве участника можно прямо сейчас.

Как всегда, большое внимание будет уделено установлению прямых контактов участников с потенциальными партнёрами, для этой цели разрабатывается специальный сервис назначения переговоров и встреч участников мероприятия. Параллельно с конгрессной программой планируется проведение экспозиции компаний.

Подать заявку на выступление и предложения к повестке можно на официальной странице RAWI Forum 2020.

События

США уведомили ООН о выходе из Парижского соглашения по климату

США официально уведомили Организацию Объединённых Наций выходе из Парижского соглашения по климату, говорится в распространённом в понедельник заявлении государственного секретаря Соединённых Штатов Майка Помпео.

«Сегодня Соединённые Штаты начали процесс выхода из Парижского соглашения. Согласно условиям соглашения, Соединённые Штаты направили официальное уведомление о своём выходе Организации Объединённых Наций. Выход вступит в силу год спустя после уведомления», — процитированы в документе его слова.

Помпео напомнил, что президент Дональд Трамп принял решение о выходе из соглашения *«в связи с несправедливым экономическим бременем, возложенным на США»*. Он заявил, что Соединённые Штаты учитывают *«реальность глобального энергетического баланса»* и используют все доступные человечеству источники энергии «чисто и эффективно», включая ископаемое топливо, ядерную энергию, а также ВИЭ.

Парижское соглашение по климату было принято 12 декабря 2015 года в Париже и вступило в силу 4 ноября 2016 года. Оно направлено на укрепление глобального реагирования на угрозу изменения климата. Документ подписали 175 стран, в том числе Россия. Он впервые в истории объединил усилия всех мировых держав по сдерживанию климатических изменений.

Соглашение пришло на смену действовавшему до того момента Киотскому протоколу от 1997 года, установившему квоты по выбросу парниковых газов только для нескольких развитых стран, однако США вышли из этого соглашения, а ряд других стран не выполнили договорённости.

В настоящее время участниками Парижского соглашения являются 197 стран, из них 185 его ратифицировали. США в августе 2017 года уведомили ООН о намерении выйти из Парижского соглашения.

Grohe

Победитель премии Blueprint Awards 2019

17 октября 2019 года на церемонии вручения премии Blueprint Awards 2019 в Лондоне смеситель Grohe Allure Brilliant Icon 3D был объявлен победителем в номинации «Лучший дизайн продукта». Премия Blueprint Awards вручается за инновационные разработки в области дизайна и архитектуры. В этом году в категории «Лучший дизайн продукта» вместе с Grohe номинировались такие знаменитости, как крупнейшая в мире архитектурная фирма Gensler, архитектурное бюро Minarc и бюро Zaha Hadid Design.

Один из судий премии Blueprint Awards 2019 сэр Николас Гримшоу (Nicholas Grimshaw) назвал смесители Grohe Icon 3D *«простыми, но красивыми и детально продуманным продуктами, изготовленными из металла по технологии 3D-печати»*.

На правах рекламы.

Инновации

Huawei поделилась опытом построения «умных городов»

Компания Huawei приняла участие в 36-й конференции и выставке Инвестиционный форум «Умные технологии Москвы — энергоэффективного города». Событие, проходившее с 23 по 25 октября в Информационном центре правительства Москвы, объединило свыше 3000 участников, которые обсудили вопросы развития городской инженерной и коммунальной инфраструктуры и модернизации систем электро-, газо-, тепло- и водоснабжения с использованием интеллектуальных разработок. В рамках мероприятия директор по развитию бизнеса Huawei Enterprise в регионе Евразия Денис Сереченко выступил с докладом, рассказав о возможностях и опыте Huawei в сфере построения «умных городов», а также о технологических достижениях компании, призванных сделать инфраструктуру современных мегаполисов максимально автономной, удобной и безопасной.

По своему принципу работы платформа Smart city от Huawei напоминает нервную систему человека. Функции «мозга» выполняет центр управления, аналогом центральной нервной системы является сеть, а роль периферической нервной системы играют датчики, установленные на объектах городской инфраструктуры. Технологии Huawei позволяют управлять сетями наружного освещения, настроив автоматическое включение/выключение, а также приглушение света в определённое время суток. Это даёт возможность сэкономить до 50% бюджетных средств. В настоящее время данная разработка и другие решения на базе платформы Smart city успешно используются в 160 городах в 40 странах, включая Германию, Италию и Южную Африку.

ВИЭ

Иностранцам могут запретить проектировать «зелёные» электростанции

Минпромторг России считает, что проектированием и монтажом электростанций на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) должны заниматься только российские компании, неподконтрольные иностранным организациям или государствам, пишет газета «Ведомости» со ссылкой на источники и материалы, представленные ведомством на совещании 8 октября. *«Предложения Минпромторга могут привести к удорожанию строительства станций — заказчики будут привлекать иностранных партнёров в качестве субподрядчиков»*, — заявил директор департамента радиоэлектронной промышленности Министерства промышленности и торговли РФ Сергей Хохлов. По словам представителя Ассоциации развития возобновляемой энергетики, создание в России отрасли инжиниринга для развития возобновляемой энергетики потребует времени.

«Поэтому, если сейчас запретить привлекать к проектированию и монтажу иностранные организации, отрасль столкнётся с дефицитом квалифицированных услуг, доступ к передовым решениям и инновациям будет ограничен», — пишет издание.

«Россети»

В России появится сеть заправок электромобилей

Электросетевой холдинг «Россети» ведёт переговоры с германскими компаниями о совместной работе в области создания сети заправочных станций для электромобилей. Об этом сообщил журналистам председатель комитета акционеров Nord Stream 2 AG Герхард Шрёдер на Российской энергетической неделе. Шрёдер не уточнил, где могут быть построены зарядные станции в рамках сотрудничества «Россетей» с компаниями Германии. Выступая на сессии в рамках Российской энергетической недели, глава комитета акционеров Nord Stream 2 отметил, что видит необходимость расширения сотрудничества России и ЕС в энергетике.

Источник: ТАСС.

ВИЭ

Уральские учёные создают ветроводородную установку

Ветроводородная энергетическая установка создаётся в Южно-Уральском государственном университете (ЮУрГУ, член РАВИ), она будет способна преобразовывать полученную с помощью ветра электроэнергию в водород для хранения, сообщает пресс-служба университета. Как рассказали в университете, сначала водород получается из воды с помощью традиционного электролиза, затем полученный газ помещается в ёмкости, в которых хранится до того момента, когда потребитель будет нуждаться в электроэнергии. Обратный процесс получения энергии из водорода происходит за счёт взаимодействия водорода с кислородом, при котором вырабатывается тепловая и электрическая энергия. К концу 2019 года учёные планируют завершить работу над созданием цифрового двойника ветроустановки.

Источник: bigpowernews.ru.

Репортаж с мероприятия: 90 лет кафедре ВиВ НИУ МГСУ

25 октября 2019 года прошло торжественное мероприятие, посвящённое 90-летию со дня основания факультета «Водоснабжение и водоотведение» НИУ МГСУ.

За прошедшие годы кафедра выпустила 150 тыс. выпускников, 270 из которых стали кандидатами и докторами наук. Перед собравшимися выступили А. А. Волков, ректор Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ), К. И. Лушин, директор ИИЭСМ МГСУ, В. А. Орлов, заведующий кафедрой «Водоснабжение и водоотведение» НИУ МГСУ.

Представители кафедры «Водоснабжение и водоотведение» поделились достижениями факультета и университета в целом. Перед специалистами с приветственными словами также выступили представители АО «Мосводоканал» и других ключевых организаций в области водоснабжения и водоотведения.

В интервью главному редактору журнала С.О.К. Александру Гудко заведующий кафедрой «Водоснабжение и водоотведение» НИУ МГСУ, д.т.н., профессор Владимир Александрович Орлов рассказал о юбилейной конференции, истории кафедры, а также поделился целями на ближайшие годы.

А. А. Волков, д.т.н., профессор, ректор МГСУ

Вы удовлетворены конференцией, которая была приурочена к 90-летию?

В.А.: В целом я могу сказать, что всё было очень положительно. Люди настолько активно участвовали в обсуждении всех проблем, что нам просто не хватило времени для того, чтобы уложиться в намеченный график. Подвели итоги, покритиковали кое-кого, похвалили. То есть получился правильный деловой научный конгресс.

В. А. Орлов, д.т.н., профессор

К. И. Лушин, к.т.н., директор ИИЭСМ

Владимир Александрович, какие основные этапы прошла кафедра за прошедшие годы?

В.А.: Хотел отметить ту перестройку, которая произошла несколько лет назад. Тогда образовалось несколько кафедр, а потом они объединились и были приписаны к определённым институтам (к Институту энергетического природоохранного и водохозяйственного строительства). А потом была новая перестройка — мы примкнули к Институту инженерно-экологического строительства и механизации.

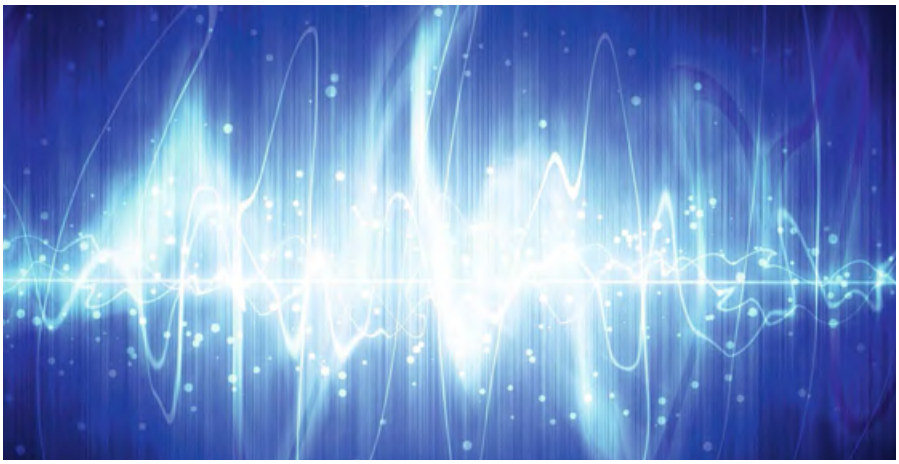
Самым главным достижением является то, что мы продолжаем активно обучать студентов. Но в то же время пишем в массовом количестве статьи в разные журналы. В том числе в научные, включая С.О.К. И нам иногда бывает трудно выполнить эти эффективные контракты, которые являются новшествами в нашей области. А вообще жизнь у нас активная и оптимистичная. Вы можете судить по тому, как мы провели наш праздник — 90-летие кафедры.

Владимир Александрович, каковы основные цели и направления деятельности кафедры «Водоснабжение и водоотведение» на ближайшие годы?

В.А.: Очень хотелось бы возродить технологическую группу. Раньше мы выпускали технологов по очистке природных и сточных вод. А теперь уже 15 лет не выпускаем. Вместе с тем в нашей стране потребность в технологах очень велика. Поэтому будем бороться за то, чтобы технологическая специальность снова появилась у нас на факультете.

Спасибо за беседу! Надеюсь, что мы с вами встретимся на 100-летии факультета, и вы нам расскажете уже о гораздо бóльших достижениях, которые способствовали развитию кафедры.

В.А.: Несомненно. Однако я думаю, что мы встретимся раньше — через два года, когда у нас будет 100-летие МИСИ-МГСУ. Тогда, уверен, тоже будет о чём поговорить.



Теоретическая разработка модели ультразвукового воздействия на минерально-липидные соединения в воде

Рецензия эксперта на статью получена 12.09.2019 [Expert review on the article received on September 12, 2019].

Использование ультразвуковых колебаний в процессах очистки воды от минерально-липидных соединений является частью научной проблемы использования физических методов, которые включают: ультразвуковой, магнитный, высокочастотный, рентгеновский и ультрафиолетовый [1]. Во многих отраслях народного хозяйства — металлургии, машиностроении, теплоэнергетики, тяжёлой промышленности, химических производств и медицине, — использование ультразвукового поля находит широкое применение. Многообразием физико-химических явлений, возникающих в ультразвуковом поле, объясняется применение ультразвука в различных технологиях [1, 2].

Ультразвуковые колебания вызывают диспергирование и эмульгирование веществ, способствуют коагуляции и дегазации, оказывают влияние на процессы кристаллизации и растворения. Ультразвук вызывает разнообразные химические превращения вещества, в числе которых можно назвать реакции окисления, восстановления и полимеризации [2].

В этих условиях постановка вопроса о возможности применения ультразвука для извлечения липидных соединений является актуальной. Однако теоретическая сторона этого вопроса представляет собой научный интерес.

Ультразвуковые колебания относят к упругим колебаниям. При большой интенсивности ультразвуковые волны описываются законами нелинейной акустики. При распространении ультразвуковых волн в жидкости возникают акустические течения, уплотнение и разряжение среды.

Ультразвуковые колебания вызывают диспергирование, а также эмульгирование веществ, способствуют коагуляции и дегазации, оказывают влияние на процессы кристаллизации и растворения. Ультразвук вызывает химические превращения вещества, в том числе реакции окисления, восстановления и полимеризации

УДК 628.2+532.5. Научная специальность: 05.23.04.

Теоретическая разработка модели ультразвукового воздействия на минерально-липидные соединения в воде

П. Д. Викулин, к.т.н., доцент; **А. Н. Ерошина**, студентка бакалавриата; **В. А. Михайлина**, студентка бакалавриата, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Применение ультразвуковых колебаний в технологии очистки сточных вод от липидов является частью научной проблемы использования в этой области знаний физических методов, которые включают ультразвуковой, магнитный, высокочастотный, рентгеновский, ультрафиолетовый. Ультразвуковые колебания инициируют диспергирование и эмульгирование веществ, способствуют коагуляции и дегазации, оказывают влияние на процессы кристаллизации и растворения; известно, что ультразвук вызывает разнообразные химические превращения вещества, в числе которых можно назвать реакции окисления, восстановления и полимеризации. Объяснение этих явлений находят в многообразии ультразвуковых эффектов: кавитация, ударные волны, микропотоки, акустический ветер. Непрерывно совершенствуются схемы ультразвуковых генераторов, продвигаются работы по развитию методов использования ультразвука и по изысканию новых областей его применения. В этих условиях постановка вопроса о возможности применения ультразвука для очистки сточных вод от липидов является актуальной. Однако теоретическая сторона этого вопроса представляет собой малоизученный объект.

Ключевые слова: *липиды, минералы, ультразвук, кавитация, разделение, седиментация, флотация.*

UDC 628.2+532.5. The number of scientific speciality: 05.23.04.

Theoretical development of the model of ultrasonic action on mineral-lipid compounds in water

P. D. Vikulin, PhD, Associate Professor; **A. N. Eroshina**, undergraduate student; **V. A. Mikhailina**, undergraduate student, Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)

The application of ultrasonic vibrations in wastewater treatment technology from lipids is part of the scientific problem of using physical methods in this field of knowledge, which include ultrasonic, magnetic, high-frequency, x-ray, ultraviolet. Ultrasonic vibrations initiate dispersion and emulsification of substances, promote coagulation and degassing, influence the processes of crystallization and dissolution; it is known that ultrasound causes a variety of chemical transformations of substances, including oxidation, reduction and polymerization reactions. The explanation of these phenomena is found in the variety of ultrasonic effects: cavitation, shock waves, micro-flows, acoustic wind. Schemes of ultrasonic generators are continuously improved, works on development of methods of use of ultrasound and on search of new areas of its application advance. Under these conditions, the question of the possibility of using ultrasound for wastewater treatment from lipids is relevant. However, the theoretical side of this question is a little-studied object.

Keywords: *lipids, minerals, ultrasound, cavitation, separation, sedimentation, flotation.*

К числу нелинейных явлений, возникающих в ультразвуковом поле, относят акустическую кавитацию. В жидкостях ультразвук распространяется в виде объёмных волн [3].

Скорость в среде упругой волны зависит от плотности среды ρ и адиабатического коэффициента сжимаемости $\beta_{ад}$ и вычисляется по следующей формуле:

$$c = \sqrt{\frac{1}{\rho \beta_{ад}}}, \quad (1)$$

где c — скорость звука, м/с; ρ — плотности среды, кг/м³; $\beta_{ад}$ — адиабатический коэффициент сжимаемости, Па$^{-1}$.

Распространение упругих волн в различных средах описывается уравнением:

$$y = A\sin(\omega)t, \quad (2)$$

где A — амплитуда колебаний, мм; ω — циклическая частота, рад/с; t — временной период, с$^{-1}$.

Звуковая волна, проходя через жидкость, создаёт зоны сжатия и разряжения, меняющиеся местами в каждый полупериод прохождения волны.

При этом возникает знакопеременное давление p [Па], которое можно определить по формуле:

$$p = 0{,}0046\sqrt{\rho c I}, \quad (3)$$

где I — интенсивность звука, Вт/м².

В данной точке среды в течение периода давление p меняется от максимума до нуля, затем снова возрастает до максимального значения и соответствует описанию гармонических колебаний:

$$p = p_{max}\sin(\omega)t, \quad (4)$$

где p_{max} — максимальное звуковое давление (амплитуда давления) [Па]:

$$p_{max} = \omega c \rho A. \quad (5)$$

Сложное движение пузырьков, их схлопывание, слияние друг с другом и т.д. порождают в жидкости импульсы сжатия (микроударные волны) и микропотоки, вызывают локальное нагревание среды, ионизацию. Эти эффекты оказывают влияние на вещество: происходит разрушение находящихся в жидкости твёрдых частиц (кавитационная эрозия), возникает перемешивание жидкости, инициируются или ускоряются различные физические и химические процессы

Теплопроводность и волновое сопротивление среды способствуют поглощению акустической энергии и зависит от плотности среды ρ и скорости звука c. Значение волнового сопротивления среды определяется отношением звукового давления в бегущей плоской волне к колебательной скорости частиц среды:

$$p/\upsilon = \rho c, \quad (6)$$

где υ — колебательная скорость, м/с.

Частицы упругой среды, в которой распространяются ультразвуковые волны, совершают колебательные движения и поэтому обладают кинетической и потенциальной энергией. Количество энергии, переносимое звуковыми колебаниями за 1 с через площадь в 1 см², которая перпендикулярна направлению их распространения, характеризует интенсивность звука и определяется по формуле:

$$I = E_1 c, \quad (7)$$

где E_1 — плотность энергии, Дж/м³.

Плотность звуковой энергии в каждой точке меняется со временем. Среднее значение плотности энергии в данной точке определяется по формуле:

$$E_1 = 0{,}5A^2\omega^2\rho. \quad (8)$$

Преобразуя уравнения (7) и (8), получим выражение (9):

$$I = 0{,}5A^2\omega^2\rho c. \quad (9)$$

При распространении звуковых волн в жидкостной среде интенсивность звука I уменьшается с увеличением расстояния от источника излучения по уравнению:

$$I = I_0 e^{(-2\alpha X)}, \quad (10)$$

где I_0 — интенсивность звука при $X = 0$; α — коэффициент поглощения, с²/м.

Важнейшим нелинейным эффектом в ультразвуковом поле является кавитация — возникновение в жидкости массы пульсирующих пузырьков, заполненных паром, газом или их смесью [1, 4].

Сложное движение пузырьков, их захлопывание, слияние друг с другом и т.д. порождают в жидкости импульсы сжатия (микроударные волны) и микропотоки, вызывают локальное нагревание среды, ионизацию. Эти эффекты оказывают влияние на вещество: происходит разрушение находящихся в жидкости твёрдых частиц (кавитационная эрозия), возникает перемешивание жидкости, инициируются или ускоряются различные физические и химические процессы.

Для того чтобы математически описать процесс, происходящий в минерально-липидных соединениях при наложении ультразвукового поля, предположим, что частицы минерального и липидного происхождения представляют собой шарообразную форму, которые под воздействием кавитации будут распадаться на более мелкие части. Причём частицы липидного происхождения в результате освобождения от частиц неорганического состава, стремятся к слипанию между собой. Учитывая плотность воды и частиц, необходимо отметить, что частицы минерального состава всегда тяжелее воды, и поэтому с ними происходит процесс седиментации. Частицы липидного происхождения всегда легче воды, поэтому происходит процесс флотации [5].

Ультразвуковые колебания в кавитационном режиме освобождают частицу липидов от минеральной основы, разрушая вокруг неё плёнку, способствуя выделению липидов из воды, а частицы минеральной основы подвергаются ускоренной седиментации. Минерально-липидные соединения присутствуют в составе шерстомойных сточных вод. Модель минерально-липидного соединения исходной воды показана на рис. 1.

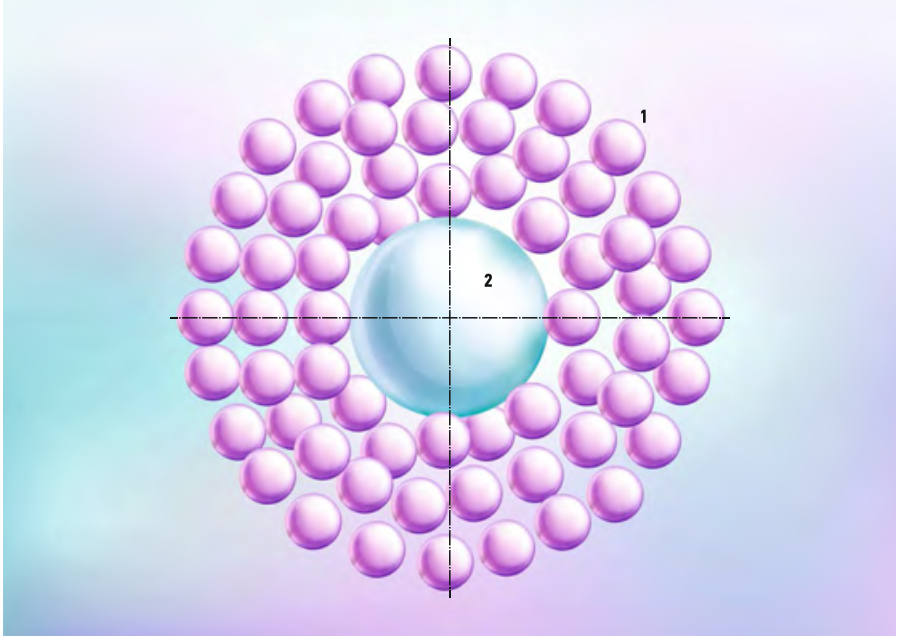


Рис. 1. Модель минерально-липидного соединения исходной воды (**1** — шарообразная липидная составляющая соединения; **2** — шарообразная минеральная составляющая соединения)

Допускаем, что минерально-липидные соединения имеют форму шара, и их количество в единице объёма составляет n_1, при этом диаметр этих частиц будет d_1. Рассмотрим процесс воздействия ультразвука на минерально-липидные соединения, по стадиям применительно к единице объёма сточной воды V (рис. 2).

В результате воздействия явления акустической кавитации на частицу диаметром d_1 происходит разрушение оболочки липидного происхождения. Частицы липидов диаметром d_2 всплывают в воде, а частицы минерального происхождения выпадают в осадок, при этом их диаметр составляет $(d_1 - d_2)$ [22]. Если число частиц минерально-липидных соединений в единице объёма сточной воды равно n_1, то их объём составляет:

$$V_1 = \frac{\pi d_1^3}{6} n_1, \qquad (11)$$

где V_1 — общий объём минерально-липидных соединений в начальный момент разделения, м³.

Под воздействием акустической кавитации освобождаются все липидные частицы, и их число составляет n_2, тогда объём отделённых липидных частиц:

$$V_2 = \frac{\pi d_2^3}{6} n_2, \qquad (12)$$

где V_2 — общий объём всплывших липидных частиц, м³. Общий объём минеральных частиц диаметром $(d_1 - d_2)$, выпавших в осадок, будет:

$$V_3 = \frac{\pi (d_1 - d_2)^3}{6} n_1, \qquad (13)$$

где V_3 — общий объём минеральных частиц диаметром $(d_1 - d_2)$, м³.

Составив уравнение материального баланса, учитывая приведённые выше допущения и уравнения (11, 12, 13), получим следующую сумму

$$V_1 = V_2 + V_3, \qquad (14)$$

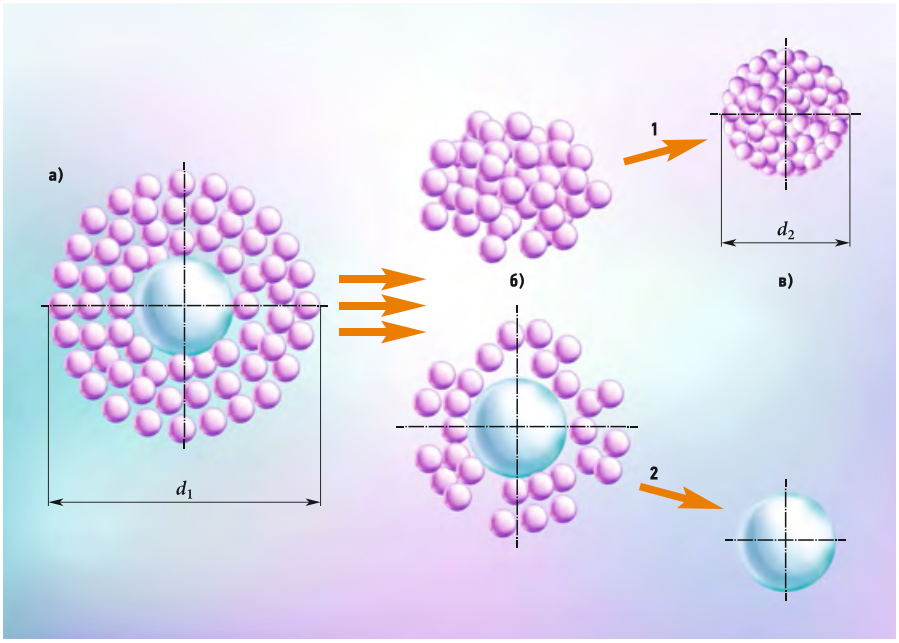


Рис. 2. Действие во времени ультразвуковой кавитации на модель минерально-липидного соединения исходной воды (1 — направление флотации; 2 — направление седиментации; а, б и в — стадии обработки ультразвука)

и тогда

$$\frac{\pi d_1^3}{6} n_1 = \frac{\pi d_2^3}{6} n_2 + \frac{\pi (d_1 - d_2)^3}{6} n_1, \qquad (15)$$

Так как расчёты приведены к единице объёма, составим следующее уравнение:

$$1 = \frac{n_2}{n_1}\frac{d_2^3}{d_1^3} + \frac{(d_1 - d_2)^3}{d_1^3}. \qquad (16)$$

Далее обозначим через N концентрацию липидных частиц в единице объёма, а через ΔN — концентрацию липидных частиц, выделяемых из единицы объёма сточной воды. Составляем пропорцию:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\Delta N}{N} = y, \qquad (17)$$

где $y = f\left(\frac{n_2}{n_1}, \frac{\Delta N}{N}\right)$.

Подставим выражение (17) в уравнение (16) и запишем:

$$y = \frac{1 - \frac{(d_1 - d_2)^3}{d_1^3}}{\frac{d_2^3}{d_1^3}}, \qquad (18)$$

раскрывая скобки, получим выражение:

$$y = 3\frac{d_1}{d_2} - 3\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 + 1. \qquad (19)$$

В общем виде это уравнение можно записать как:

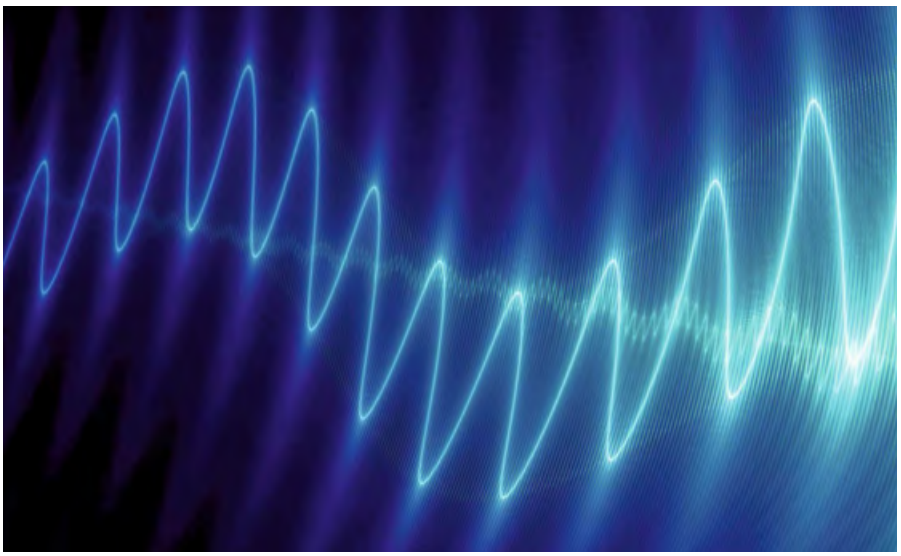
$$y = bx - ax^2 + 1, \qquad (20)$$

где a и b — константы, определяемые из эксперимента для каждого конкретного случая.

Выводы

1. Разработана модель ультразвукового воздействия на минерально-липидные соединения в воде.

2. Получена квадратичная зависимость влияния ультразвукового поля на процессы седиментации и флотации минерально-липидных соединений в воде.



1. Голямина И.П. Ультразвук. Маленькая энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия, 1979. 400 с.
2. Физика и техника мощного ультразвука. Т. 2. Мощные ультразвуковые поля / Под ред. Л.Д. Розенберга. — М.: Изд-во «Книга по требованию», 2012. 268 с.
3. Викулин П.Д. Физико-химические проявления акустического поля в технологиях кондиционирования воды: монография. — М.: Изд-во «АСВ», 2004. 251 с.
4. Флинн Г.Г. Физическая акустика. Т. 1. Методы и приборы ультразвуковых исследований / Пер. с англ. под ред. Л.Д. Розенберга. — М.: Мир, 1967. 362 с.
5. Алексеев Е.В. Основы технологии очистки сточных вод флотацией. — М.: Изд-во «АСВ», 2009. 137 с.

References — see page 94.

Защита водных объектов от техногенных загрязнений при отведении поверхностных сточных вод с территорий городов и поселений

Рецензия эксперта на статью получена 15.09.2019 [Expert review on the article received on September 15, 2019].

Создание системы организованного сбора, отведения, очистки и сброса в водные объекты поверхностных сточных вод (ПСВ) с городской территории является первоочередной природоохранной задачей в сфере защиты водных источников от техногенного загрязнения.

Многолетними исследованиями установлено, что в процессе урбанизации поверхностный сток с хозяйственно-освоенных территорий городов и поселений, организованно отводимый и диффузный, превратился в основной источник деградации водных объектов и стал основной причиной утраты ими самоочищающей способности, о чём свидетельствуют результаты многолетних наблюдений ведущих отечественных и зарубежных специалистов водной отрасли [1–6].

Особенность организации системы отведения и очистки ПСВ в городе Москве — масштабное использование гидрографической сети города в качестве элементов водосточной сети, что в целом составляет коллекторно-речную городскую сеть.

К основным объектам коллекторно-речной городской сети, эксплуатируемой предприятием «Мосводосток», относятся:

- водные объекты — малые реки и водоёмы в количестве 211 единиц общей площадью 690 га и протяжённостью открытых русел рек и ручьёв 250 км;
- водосточная сеть протяжённостью 7400 км (включает 110 тыс. дождеприёмных и 160 тыс. смотровых колодцев);
- Лихоборская обводнительная система, предназначенная для обводнения реки Яуза;
- гидроузел на реке Яузе, обеспечивающий обводнение реки Москва;
- водоотводящая система Московской кольцевой автомобильной дороги и Третьего транспортного кольца;
- снегосплавные пункты (13 объектов) для утилизации снежной массы от зимней уборки городских улиц и магистралей.

Исследованиями установлено, что в процессе урбанизации поверхностных сточных вод с хозяйственно-освоенных территорий городов и поселений, организованно отводимый и диффузный, превратился в основной источник деградации водных объектов и стал основной причиной утраты ими самоочищающей способности, о чём свидетельствуют результаты многолетних наблюдений

УДК 628.212.2. Научная специальность: 05.23.04.

Защита водных объектов от техногенных загрязнений при отведении поверхностных сточных вод с территорий городов и поселений

Г. П. Варюшина, к.т.н., доцент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Приводится характеристика системы отведения и очистки поверхностных сточных вод в Москве, особенностью которой является масштабное использование гидрографической сети города в качестве элементов водосточной сети. Представлены результаты натурных обследований городских территорий различного функционального значения с характеристиками состава и свойств образующихся поверхностных сточных вод. Показаны результаты исследований и оценки технологических параметров работы сооружений по очистке поверхностных сточных вод, рекомендации по совершенствованию их эксплуатации. Предложены технические решения, позволяющие модернизировать эксплуатируемые очистные комплексы и обеспечить достижение требуемых нормативов очистки поверхностных стоков при их отведении в водоёмы.

Ключевые слова: *поверхностные сточные воды, водные объекты, очистные сооружения накопительного типа, природоохранные мероприятия.*

UDC 628.212.2. The number of scientific speciality: 05.23.04.

Protection of water bodies from technogenic pollution in the diversion of surface wastewater from the territories of cities and settlements

G. P. Varushina, PhD, Associate Professor, Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)

The characteristic of the system of surface wastewater disposal and treatment in Moscow, a feature of which is the large-scale use of the hydrographic network of the city as elements of the drainage network. The results of field surveys of urban areas of different functional significance with the characteristics of the composition and properties of surface wastewater are presented. Results of researches and an assessment of technological parameters of work of constructions on treatment of superficial sewage, recommendations for improvement of their operation are shown. The proposed technical solutions to modernize operated wastewater treatment systems and to ensure the achievement of required standards of treatment of surface runoff when dilution in water.

Keywords: *surface wastewater, water bodies, treatment facilities of accumulative type, environmental protection measures.*

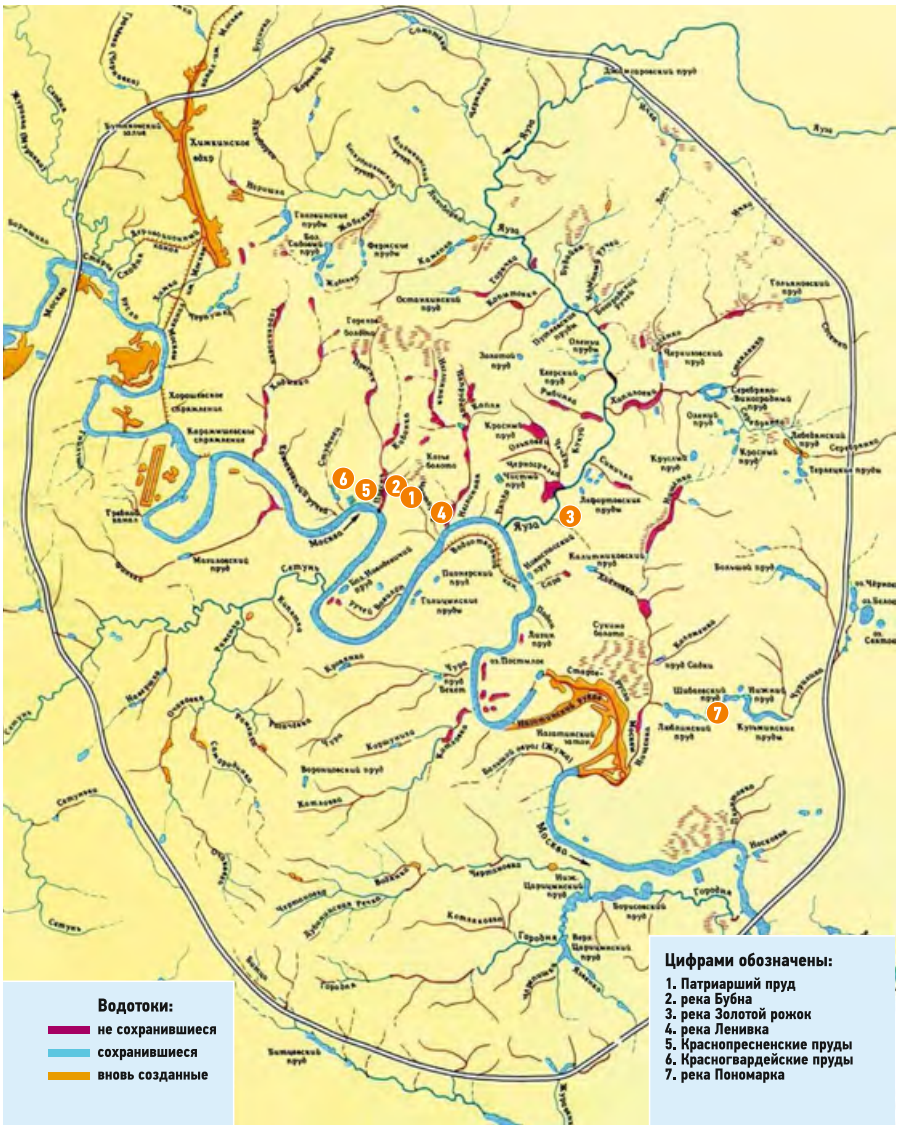
Как известно, из общего числа станций очистки ПСВ в Москве только 10 % можно отнести к современным высокотехнологичным сооружениям глубокой очистки — фильтровальным очистным сооружениям (ФОС) [7].

Ежегодно в водные объекты Москвы через коллекторно-речную сеть сбрасывается до 600 млн м³ ПСВ с площади водосбора 61,2 тыс. га, а на застраиваемых присоединённых к городу территориях этот объём составит 90 млн м³ (рис. 1).

В настоящее время условия работы городской водосточной сети Москвы существенно отличаются от расчётных условий, принятых при проектировании в двадцатом веке: изменились метеорологические условия (интенсивность и продолжительность выпадения осадков в зимний и летний периоды года), увеличилось количество водонепроницаемых асфальтобетонных покрытий автомагистралей, проездов, парковок, кварталов многоэтажных жилых и офисных зданий, торговых и развлекательных комплексов, а площадь водопроницаемых поверхностей (газонов, парков, скверов, пойм рек и природных заказников) сократилась.

Большинство выпусков городской водосточной сети в водные объекты Москвы не имеют устьевых очистных сооружений, а существующие — технически устарели и не обеспечивают проектную степень очистки и обеззараживания ПСВ на уровне нормативных требований, предъявляемых к качеству воды водных объектов рыбохозяйственного значения.

Увеличение среднегодового объёма ПСВ до 690 млн м³ и, следовательно, увеличение антропогенной нагрузки на водоисточники города требует масштабного строительства новых и реконструкции действующих очистных сооружений системы отведения и очистки ПСВ.



Специальное содержание разработано Ю.А. Насимовичем

Рис. 1. Гидрографическая сеть города Москвы

Анализ существующих технологических схем очистки поверхностных сточных вод на действующих очистных сооружениях Москвы показал (табл. 1), что остаточные концентрации взвешенных веществ в очищенных ПСВ в два-три раза (по ПДК) превышают допустимые значения, а нефтепродуктов — в 60 раз и более.

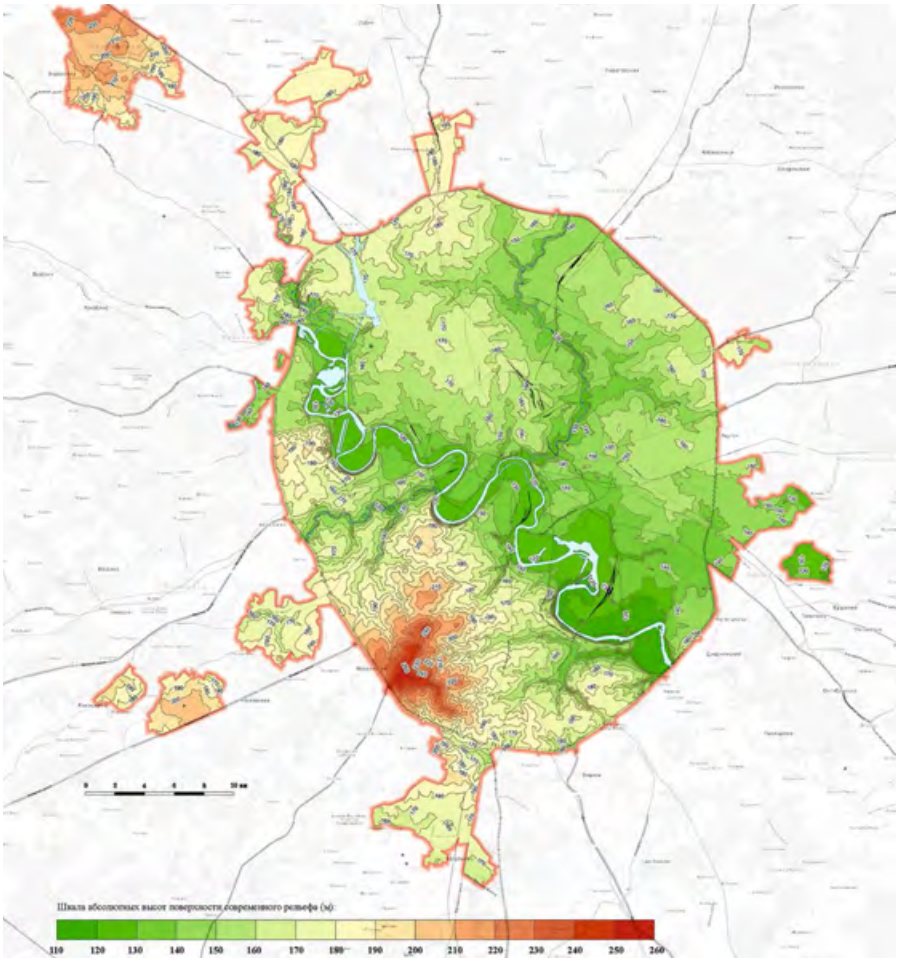
Эффект очистки ПСВ по основным загрязняющим компонентам табл. 1

Очистные сооружения ПСВ	Взвешенные вещества		Нефтепродукты	
	остат. концентрация, мг/л	эффект очистки, %	остат. концентрация, мг/л	эффект очистки, %
Сооружения механической очистки (пруды-отстойники с приспособлениями для задержания плавающих нефтепродуктов, для селитебной территории)	до 10–20	20–40	до 3,0	10–15
Сооружения камерного типа СКТ (подземные резервуары проточного типа с кассетными фильтрами, для промышленных предприятий)	до 10–20	до 70	до 3,0	10–15
Сооружения, оборудованные тонкослойными модулями (для автомобильных дорог)	до 30–40	40–60	до 10	до 60
Габионные очистные фильтрующие сооружения (с фильтрующей габионной дамбой, для парковых зон и мест отдыха)	до 50–100	10–20	до 20	5–10
Групповые очистные сооружения с реагентной очисткой (для производственных объектов)	до 5–8	80–90	0,5–1,0	80–90
Очистные сооружения глубокой очистки (с доочисткой сорбцией, для автотранспортных комбинатов)	до 1–5	90–95	0,03–0,1	90–95

Динамика изменения качественного состава воды в реке Москве в черте города показала, что на входе в город состав воды удовлетворяет нормативным требованиям, предъявляемым к качеству воды водных объектов рыбохозяйственного значения, только по содержанию хлоридов, сульфатов и взвешенных веществ. Все остальные контролируемые показатели загрязнений превышены.

В частности, по нефтепродуктам превышение достигает 4,4 ПДК, по азоту аммонийному — 3,7 ПДК, по биохимическому потреблению кислорода (БПК) — 2,6 ПДК. На выходе из города превышение по нефтепродуктам в речной воде возрастает до 6 ПДК, азоту аммонийному — до 21,6 ПДК, по показателю БПК — 3,6 ПДК, что свидетельствует о загрязнении вод хозяйственно-бытовыми сточными водами и неочищенными поверхностными сточными водами с площади водосбора города.

В настоящее время актуализируется городская «Программа по охране водных объектов города Москвы от загрязнения поверхностными сточными водами»,



Карта современного рельефа города Москвы

в которой отмечается, что улучшение экологического состояния водных объектов в современных условиях возможно при реализации мер по снижению антропогенной нагрузки на водные объекты и их водосборы, при ликвидации накопленного экологического ущерба, восстановлении способности рек и водоёмов к самоочищению и охране подземных вод от загрязнения. Целью программы является снижение антропогенной нагрузки на водные объекты города для улучшения санитарно-экологического состояния реки Москвы и её притоков, восстановления водных экосистем и рекреационного потенциала водоёмов для населения.

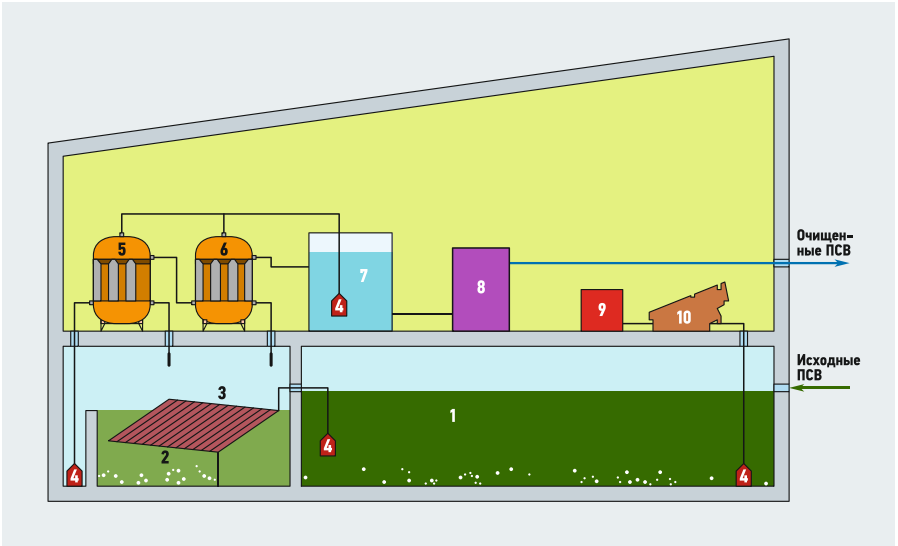


Рис. 2. Технологическая схема очистки ПСВ (1 — накопитель; 2 — отстойник; 3 — тонкослойный модуль; 4 — насосные агрегаты; 5 и 6 — фильтры с сорбционной загрузкой; 7 — ёмкость очищенной воды; 8 — блок бактерицидных ламп; 9 — сборник обезвоженного осадка; 10 — фильтр-пресс)

Целью программы является снижение антропогенной нагрузки на водные объекты города для улучшения санитарно-экологического состояния реки Москвы и её притоков

Программа направлена на решение следующих задач:

- снижение антропогенного воздействия на водоёмы города за счёт сокращения поступления загрязняющих веществ с поверхностными сточными водами;
- поэтапное развитие централизованной системы отведения ПСВ с увеличением процента охвата застроенной территории города водосточной сетью с 65 до 100 % со строительством новых и реконструкцией действующих очистных сооружений на основе наилучших доступных технологий очистки ПСВ;
- обоснование нормативных требований к качеству очистки ПСВ с учётом проводимого реформирования природоохранного законодательства.

При формировании требований к технологии и составу очистных сооружений ПСВ, намечаемых к строительству на территории Москвы, следует учитывать:

- результаты мониторинга сброса загрязняющих веществ в водные объекты с городских территорий различного функционального значения;
- категорию и целевое назначение водного объекта;
- гидрохимические показатели качества речной воды, сформировавшиеся под воздействием природных и техногенных факторов;
- допустимую антропогенную нагрузку с целью сохранения и восстановления водного объекта для безопасного водопользования населения.

Одна из эффективных технологий обезвреживания ПСВ с территорий городов и поселений, обеспечивающая достижение установленных нормативов сброса в водоём, включает механические и физико-химические методы и состоит из следующих сооружений: сороудерживающая решётка, горизонтальная песколовка, секционный накопительный резервуар стоков, каскад напорных фильтров с зернистыми минеральными загрузками и сорбентами, насосное оборудование и аккумулирующий резервуар очищенных ПСВ для технических нужд очистного комплекса и повторного использования воды на поливомоечные работы при санитарной уборке дорожных покрытий. Для обезвоживания образующегося осадка предусмотрен фильтр-пресс (рис. 2).

Результаты очистки ПСВ по вышеуказанной технологии представлены в табл. 2.

Применение таких сооружений накопительного типа позволяет учитывать условия и особенности образования поверхностных сточных вод, в частности, неравномерность и эпизодичность выпадения атмосферных осадков по сезонам года, их интенсивность и продолжительность их выпадения, географическое расположение местности, санитарное состояние бассейна водосбора, наличие поблизости промышленных зон, автомагистралей и транспортных нагрузок.

К основному преимуществу накопительных очистных сооружений ПСВ относится обязательное опорожнение приёмного накопительного резервуара от осветлённых поверхностных сточных вод путём перекачивания их насосными агрегатами на напорные фильтры доочистки, удаление образовавшегося в процессе отстаивания осадка на обезвоживание в уплотнитель и центрифугу.

Полное опорожнение приёмного накопительного резервуара после каждого периода выпадения атмосферных осадков является принципиально важной технологической операцией, обеспечивающей предотвращение негативного воздействия на водный объект неочищенных ПСВ, вторично загрязнённых в результате роста числа патогенных микроорганизмов и загнивания содержащихся в стоках органических примесей. В сооружениях проточного типа, напротив, в тёплый период года в условиях отсутствия атмосферных осадков, происходит развитие вторичного загрязнения ПСВ. При поступлении на проточные сооружения загрязнённых дождевых стоков выпавший осадок и нефтешлам залпом выбрасываются из них в водные объекты. Таким образом, достижение высокого эффекта очистки ПСВ по основным загрязняющим компонентам (взвешенным веществами нефтепродуктам), а также достижение нормативов сброса загрязняющих веществ в водный объект возможно только в сооружениях накопительного типа, поскольку в сооружениях проточного типа не предусмотрено их опорожнение после выпадения атмосферных осадков.

Для обезвоживания осадков, образующихся в процессе очистки поверхностных сточных вод в сооружениях накопительного типа, целесообразно применять как классические типы аппаратов (фильтр-прессы и центрифуги), адаптированные к трудно обезвоживаемым шламам, так и современное оборудование

Эффективность очистки ПСВ на очистных сооружениях табл. 2

Показатель состава ПСВ	Концентрация в исходных ПСВ, мг/л	Концентрация в очищенных ПСВ, мг/л	ПДК, мг/л
БПК	8,63	2,19	3,0
Взвешенные вещества	256,0	3,0	3,0
Железо	9,714	0,047	0,1
Кадмий	0,972	0,001	0,005
Марганец	2,153	0,006	0,01
Медь	1,067	0,001	0,001
Нефтепродукты	64,32	0,03	0,05
Никель	1,295	0,007	0,01
Свинец	2,689	0,002	0,006
Сульфаты	90,41	83,62	100,0
Хлориды	207,83	190,54	300,0
Цинк	1,538	0,008	0,01

Фото: ГУП «Мосводосток»

нового поколения, например, декантеры, обезвоживающие установки с мешочными вакуум-фильтрами, шнековые обезвоживатели, геотубы и геоконтейнеры [8]. Целесообразность использования очистных комплексов ПСВ в зимний период обусловлена необходимостью экономить воду питьевого качества, предотвращать негативное воздействие на окружающую среду и централизованную систему водоотведения сбросом загрязнённых стоков, а также исключать затраты на вывоз и утилизацию снежной массы на городских снегосплавных пунктах.

Весь объём выпавшего снега на проезжую часть автодорог и тротуары утилизируется на очистных сооружениях ПСВ, а очищенная снеговая вода аккумулируется в накопительной ёмкости и используется на техническое водоснабжение, подпитку оборотной системы мойки автомашин и в котельной, на нужды пожаротушения, поливомоечные работы при санитарной уборке территории в ранний весенний период до наступления устойчивого периода положительных температур и дождей [9].

Для модернизации систем очистки ПСВ рекомендуется интегрированный подход, включающий совершенствование технологии очистки с целью достижения её соответствия следующим критериям:

- обезвреживание ПСВ должно решаться комплексно, включая эффективные методы обработки воды, образующегося осадка и нефтешлама, а также обеззараживания очищенных ПСВ перед отведением их в водоём;
- технология очистки ПСВ должна быть разработана с учётом очистки талых вод, загрязнённых различными противогололёдными реагентами;
- процессы очистки ПСВ и обработки осадка должны быть автоматизированы и оснащены устройствами передачи информации об их работе в диспетчерский пункт службы эксплуатации;
- контроль за работой комплекса очистки должен осуществляться анализаторами качества поверхностных сточных вод в автоматическом режиме;
- комплекс очистных сооружений ПСВ должен быть оснащён приборами контроля за количеством обрабатываемой воды, осадка и нефтешлама;
- в проекте комплекса должны быть применены энергосберегающие аппараты, инновационное технологическое оборудование, приборы и материалы;
- в проекте комплекса должны быть предусмотрены рациональные решения и мероприятия, обеспечивающие использование очищенных ПСВ на технические нужды (поливомоечные работы при летней уборке автодорог, полив зелёных насаждений и др.) в соответствии с природоохранными требованиями;
- показатели состава очищенной воды должны соответствовать нормативам сброса в водоёмы рыбохозяйственного назначения по всем контролируемым показателям, в том числе биогенным элементам и тяжёлым металлам;
- в проекте должен быть представлен расчёт стоимости годовых затрат на эксплуатацию предлагаемых очистных сооружений, мероприятия по их минимизации и себестоимость очистки 1 м^3 ПСВ;
- в проекте должны быть разработаны технические решения по оптимизации стоимости строительных работ по созданию системы очистки ПСВ с целью увеличения её срока эксплуатации.

Очищенная снеговая вода аккумулируется в накопительной ёмкости и используется на техническое водоснабжение, подпитку оборотной системы мойки автомашин и в котельной, на нужды пожаротушения и т.п.

Выводы

1. Для снижения техногенного воздействия на водные объекты городов и поселений необходима поэтапная реализация Программы их защиты, одним из основных направлений которой является совершенствование и развитие системы сбора, отведения и очистки ПСВ.

2. Выбор технологии и сооружений по обезвреживанию ПСВ необходимо проводить с учётом особенностей их формирования на водосборной поверхности, климатических параметров, количественных и качественных характеристик ПСВ, установленных требований к сбросу очищенных стоков в водоём и величины годовых затрат на эксплуатацию водоочистного комплекса.

3. Для обоснования инвестиций в реконструкцию и развитие системы сбора, отведения и очистки ПСВ рекомендуется производить технико-экономические и экологические сравнения вариантных решений по схеме водоотведения с учётом вышеприведённых критериев.

1. Чечевичкин В.Н., Ватин Н.И. Особенности состава и очистки поверхностного стока с территории городов и промышленных площадок // Инженерно-строительный журнал, 2014. №6. С. 67–74.
2. Рабинский М.А., Душко А.О., Мирончик Г.М., Жиров Е.Н. Очистка хозяйственно-бытовых и дождевых сточных вод в Российской Федерации: проблемы и пути решения // Инженерные системы, 2012. №2. С. 16–20.
3. Ким А.Н., Михайлов А.В., Графова Е.О. Технические аспекты поверхностного стока с урбанизированных территорий. — СПб.: Изд-во СПбГАСУ, 2017. 200 с.
4. Bleck G. T., Zinger Y., Deletić A., Fletcher T., Viklander M. Influence of intermittent wetting and drying conditions on heavy metal removal by stormwater biofilters. Water Research. Vol. 43. 2009. Pp. 4590–4598.
5. Hatt B.E., Fletcher T.D., Deletić A. Hydrologic and pollutant removal performance of stormwater biofiltration systems at the field scale. Journal of Hydrology. Vol. 365. No. 3–4. 2009. Pp. 310–321.
6. Takaijudin H., Ghani A., Zakaria N. Preliminary study on impacts of variation engineered soil composition in bioretention on hydraulic performance. 13th International Conference on Urban Drainage. September 7–12, 2014. Sarawak, Malaysia. 9 p.
7. Феофанов Ю.А., Мишуков Б.Г. Особенности формирования состава поверхностных сточных вод и выбор сооружений по их очистке // Вода и экология: проблемы и решения, 2017. №3. С. 49–66.
8. Варюшина Г.П., Примин О.Г. Опыт эксплуатации комплексов очистных сооружений поверхностных стоков и рекомендации по совершенствованию технологии обработки осадка // Водоснабжение и санитарная техника, 2018. №4. С. 39–47.
9. Варюшина Г.П., Примин О.Г. Практические аспекты эксплуатации очистных сооружений поверхностных сточных вод в зимний период // Водоснабжение и санитарная техника, 2019. №1. С. 28–35.

References — see page 94.

Теоретические исследования движения пузырьков воздуха в потоке воды при аэрации

Рецензия эксперта на статью получена 12.09.2019 [Expert review on the article received on September 12, 2019].

Движение потоков в сооружениях водоочистки с аэрацией (например, аэротенк, аэрофильтр, аэрируемая песколовка) создают технологическую особенность. Основным процессом, в физическом понимании аэрации, является движение пузырьков воздуха снизу вверх. Рассмотрим всплывание пузырька воздуха в жидкости, находящейся в состоянии покоя.

Предположим, что пузырёк воздуха в жидкости имеет форму шара [1].

На всплывающий пузырёк действуют три силы: сила тяжести $\vec{F}_т$, архимедова сила $\vec{F}_a$ и сила сопротивления $\vec{F}_c$ (рис. 1). В проекции на вертикальную ось *OY* подъёмная сила $\vec{F}_п$ равна:

$$\vec{F}_п = \vec{F}_a - \vec{F}_т - \vec{F}_c. \quad (1)$$

Силы выражаются в ньютонах (Н).

Рассмотрим действие сил при равномерном движении пузырька в воде.

Сила Архимеда (выталкивающая сила) приводит пузырёк в движение вверх, при этом диаметр пузырька увеличивается, достигая своего максимума на поверхности воды.

Сила Стокса (сила трения) при движении пузырька действует в направлении, противоположном силе Архимеда, и направлена сверху вниз.

Сила тяжести действует в условиях ускорения свободного падения и направлена сверху вниз.

Сила Стокса возникает в результате взаимодействия жидкости с пузырьком и равна силе трения, на преодоление которой затрачивается работа.

Разность энергий двух состояний пузырька до начала совершения работы и после — это работа как избыточная свободная энергия. С точки зрения гидростатики дополнительная потенциальная энергия равносильна динамическому напору.

Выталкивающая сила Архимеда приводит пузырёк в движение вверх, при этом диаметр пузырька увеличивается, достигая своего максимума на поверхности воды. Сила Стокса (сила трения) при движении пузырька действует в противоположном направлении и направлена сверху вниз. Сила тяжести действует в условиях ускорения свободного падения и направлена так же

УДК 628.16. Научная специальность: 05.23.04.

Теоретические исследования движения пузырьков воздуха в потоке воды при аэрации

В. Б. Викулина, к.т.н., доцент; **Л. В. Инешина**, студентка бакалавриата, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Аэрационные сооружения, используемые в очистке воды, требуют оптимизации технологического процесса по признакам формирования и распределения воздушных масс в потоке водоочистного сооружения. В качестве транспортного потока в водоочистных сооружениях используется вода, поэтому это обстоятельство позволяет использовать законы гидродинамики потока при всплытии пузырьков воздуха в качестве дополнительного фактора. В статье приводятся физические принципы всплытия пузырьков воздуха при аэрации. Теоретически обосновывается всплывание пузырьков воздуха в статических условиях жидкости и динамических условиях потока. Получена теоретическая зависимость, которая направлена на нормализацию неустойчивости работы аэрационных сооружений и на определение оптимальных условий технологического процесса.

Ключевые слова: *аэрация, пузырёк воздуха, вязкость динамическая, скорость потока, граница раздела фаз, распределение скоростей.*

UDC 628.16. The number of scientific speciality: 05.23.04.

Theoretical studies of the motion of air bubbles in the water flow during aeration

V. B. Vikulina, PhD, Associate Professor; **L. V. Inesina**, undergraduate student, Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)

Aeration facilities used in water treatment require optimization of the technological process on the basis of the formation and distribution of air masses in the flow of the water treatment plant. Water is used as a transport flow in water treatment facilities, so this circumstance allows to use the laws of flow hydrodynamics at the ascent of air bubbles as an additional factor. Physical principles of air bubbles ascent during aeration are given. Theoretically justified the rise of air bubbles in static fluid conditions and dynamic flow conditions. The obtained theoretical dependence, which is aimed at the normalization of instability of operation of the aeration structures and the determination of optimal process conditions.

Keywords: *aeration, air bubble, dynamic viscosity, flow rate, phase boundary, velocity distribution.*

При условии сжимаемости воздуха и при движении пузырька вверх наружное давление на стенки пузырька будет меняться с высотой, а диаметр пузырька будет увеличиваться. Расширение воздуха в пузырьке может происходить либо изотермически, либо адиабатически. Поскольку размер пузырька определяют условия гидростатики и силы Стокса, то принимаем расширение воздуха в пузырьке как изотермическое, поэтому размеры пузырька должны быть достаточно малыми.

Запишем условие для изотермического процесса при вертикальном всплытии пузырька воздуха:

$$pV = \text{const}, \quad (2)$$

где p — давление жидкости, Па; V — объём жидкости, м³.

Если p_0 — атмосферное давление [Па], то давление на глубине h [м] в жидкости плотностью ρ [кг/м³] будет равно $(p_0 + \rho g h)$, где g — ускорение свободного падения, $g = 9{,}81$ м/с²; ρ — плотность жидкости, кг/м³; h — глубина, м.

Согласно закону изотермического расширения пузырька (2) на глубине слоя жидкости найдём радиус пузырька:

$$r = \frac{\sqrt[3]{p_0 r_0}}{\sqrt{p_0 + \rho g h}}, \quad (3)$$

где r_0 — радиус пузырька на поверхности воды, мм.

Пузырёк движется со скоростью v в жидкости, характеризуемой динамической вязкостью μ [Па·с]. Движение сферического пузырька в жидкости, которая рассматривается как непрерывная среда, и размеры которого (пузырька) значительно превышают размеры молекул среды, описывается уравнением Стокса для вязкого сопротивления:

$$\vec{F}_c = 6\pi\rho\mu v, \quad (4)$$

где $\vec{F}_c$ — сила Стокса, Па; μ — динамическая вязкость, Па·с или Н·с/м²; v — скорость всплытия пузырька, м/с.

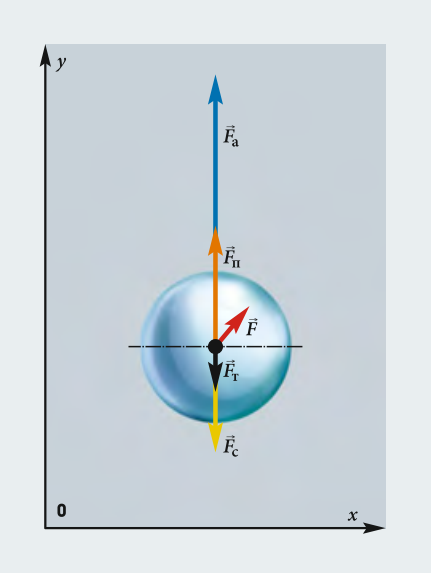


Рис. 1. Силы, действующие на всплывающий пузырёк воздуха

Сила Архимеда $\vec{F}_a$ (подъёмная сила для пузырька) определяется из выражения

$$\vec{F}_a = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho v, \quad (5)$$

и она равна силе Стокса.

Сила тяжести равна:

$$\vec{F}_т = mg, \quad (6)$$

где m — масса пузырька, кг.

Сила тяжести зависит от геометрических размеров пузырька. Эта сила крайне мала в сравнении с силами, действующими на пузырёк воздуха в воде, следовательно, значением силы тяжести можно пренебречь.

Скорость всплывания пузырька находится по уравнению:

$$v = \frac{2r^2\rho g}{9\mu}, \quad (7)$$

От шарообразной формы переходим к изменению форм пузырька [2, 3].

Пузырёк находится в движении во время подъёма до поверхности воды. При этом пузырёк воздуха принимает шарообразную форму за счёт действия сил поверхностного натяжения.

Кроме того, изменение давлений сред (внутренней и внешней) пузырька приводит к деформации его поверхности, что способствует колебанию пузырька.

Применительно к единичному всплывающему пузырьку, на границе раздела фаз возникает разность давлений Δp, описываемая уравнением:

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{2\sigma_{1,2}}{R_к}, \quad (8)$$

где p_1 и p_2 — давления двух фаз на глубине, Па; $\sigma_{1,2}$ — поверхностное натяжение на границе двух фаз, Н/м; $R_к$ — радиус кривизны поверхности рассматриваемого пузырька, м.

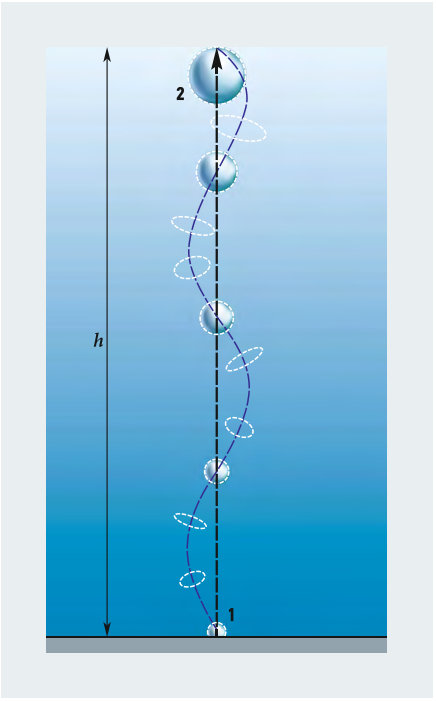


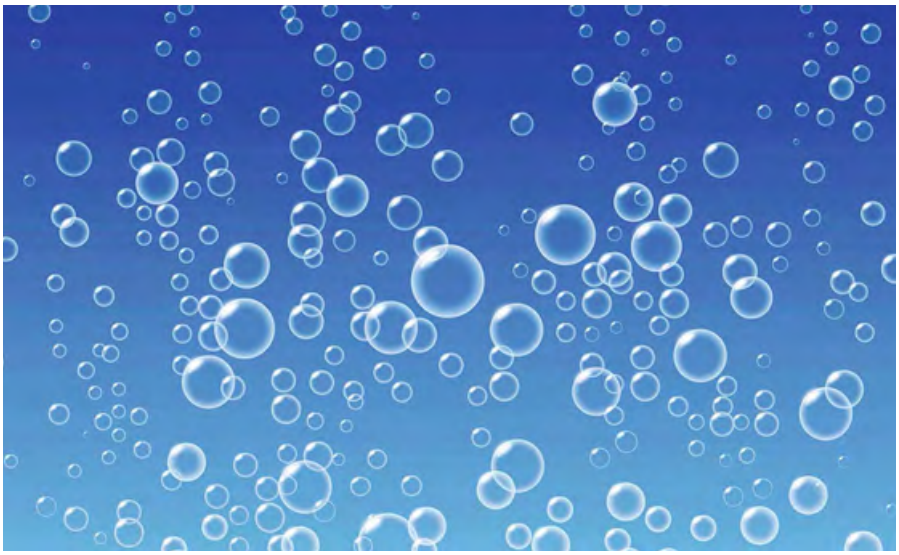
Рис. 2. Восходящее движение пузырька воздуха в жидкости в состоянии покоя [1 — пузырёк на дне канала (начало подъёма); 2 — пузырёк на поверхности воды (конец подъёма)]

В результате увеличения объёма и изменения формы пузырька возникают его колебательные движения. Траектория всплытия пузырька принимается смещающейся относительно вертикали и носит волновой характер (рис. 2).

Теперь известны все величины, определяющие силу Стокса, что позволяет вычислить работу, совершаемую всплывающим пузырьком.

Вертикальное направление всплывания пузырька выберем за ось Oy.

Увеличение размеров и изменение формы пузырька передаётся окружающей пузырёк жидкости. Тем самым возникает суммарная работа dA и приращение свободной энергии согласно силам, действующим на пузырёк (рис. 1).



Поэтому приращение свободной энергии du в пересчёте на один пузырёк определится равенством:

$$du = dA = \bar{F}_c dy, \quad (9)$$

где du и dA выражаются в джоулях (Дж).

Используя в формуле (9) выражения для силы Стокса (4), радиуса пузырька (3) и скорости всплытия пузырька (7), получаем следующий результат:

$$du = \frac{4}{3}\pi\rho g r_0^3 \frac{p_0}{p_0 - \rho g y} dy. \quad (10)$$

Для расчёта свободной энергии пузырьков введём функцию распределения $f(r)$, которая представляет собой плотность вероятности обнаружения размера пузырька в единичном объёме между пузырьками с радиусами r и $(r + dr)$.

Полученная математическая зависимость позволяет более точно осуществить численные эксперименты на определённом этапе проектирования аэрационных сооружений систем водоочистки. Эти действия направлены на нормализацию неустойчивости работы аэрационных сооружений и на определение оптимальных условий технологического процесса

Количество пузырьков с такими размерами в объёме dV будет равно $f(r)drdV$, поэтому их вклад в свободную энергию запишется как:

$$drdV = \rho g \frac{p_0 V_0}{p_0 - \rho g y} dy. \quad (11)$$

Помня, что $V_0 = 4/3(\pi r_0^3)$, и интегрируя по всем возможным размерам пузырьков, получаем:

$$d^2u = \rho g \frac{p_0 \bar{V}_0}{p_0 - \rho g y} N dV dy, \quad (12)$$

где $$\bar{V}_0 = \frac{4}{3}\pi \bar{r}_0^3 r_0^3, \quad (13)$$

здесь $\bar{r}_0^3$ — среднее значение куба радиуса пузырька на уровне поверхности жидкости, мм³; $N = \int_{r_{min}}^{r_{max}} f(r)dr$ — количество пузырьков в единице объёма жидкости, шт.

Термодинамическая связь параметров системы определяет давление p в системе как производную свободной энергии по объёму. Избыточное давления жидкости тогда составит:

$$dp = d\frac{\partial u}{\partial V} = \rho g \frac{p_0 \bar{V}_0}{p_0 - \rho g y} N dy. \quad (14)$$

Рассмотрим всплытие пузырька воздуха в потоке жидкости при ламинарном режиме течения.

На рис. 3 представлена схема воздействие потока жидкости на вертикальное всплывание пузырька воздуха. Под воздействием распределения скоростей потока $v = f(h)$ происходит смещение пузырька от вертикальной оси Oy. Согласно основным законам гидродинамики распределение скоростей зависит от кинетической энергии потока [3, 4]. По сечению потока происходит распределение скоростей, которые зависят от сопротивления между слоями жидкости при движении.

Нижние слои потока имеют сопротивление движению за счёт шероховатости дна, а движение верхнего слоя замедляется на границе раздела фаз «вода–воздух».

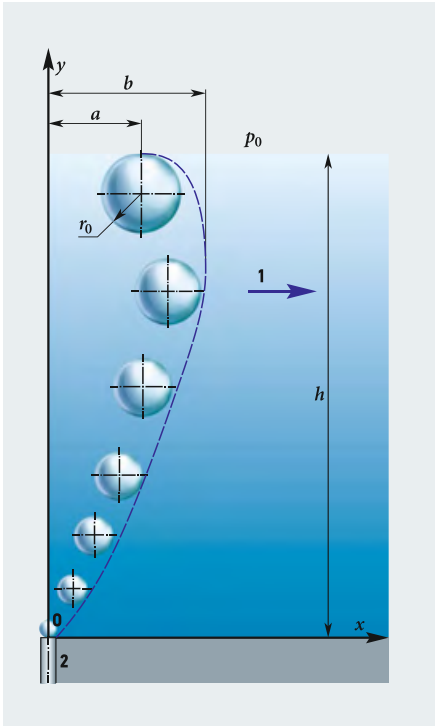


Рис. 3. Схема перемещения пузырька воздуха в ламинарном потоке жидкости (1 — равномерный поток жидкости в ламинарном режиме; 2 — устройство для подачи воздуха)

Обозначим через a [мм] расстояние от оси Oy до всплывшего пузырька на поверхности жидкости, а через b [мм] расстояние от оси Oy до всплывающего пузырька, максимально сместившегося по направлению движения жидкости.

Разница между a и b всплывающего пузырька зависит от скорости потока. Тогда выражение (14) запишется как

$$dp = d\frac{\partial u}{\partial V} = \frac{b}{a}\rho g \frac{p_0 \bar{V}_0}{p_0 - \rho g y} N dy. \quad (15)$$

Полученная математическая зависимость позволяет более точно осуществить численные эксперименты на определённом этапе проектирования аэрационных сооружений систем водоочистки.

Эти действия направлены на нормализацию неустойчивости работы аэрационных сооружений и на определение оптимальных условий технологического процесса.

Выводы

1. Произведён анализ воздействия физических факторов на движение пузырька воздуха в воде, основанный на изотермическом процессе.

2. Получено уравнение, в котором приводится термодинамическая связь в определении давления в системе, как производная свободной энергии в потоке воды с учётом гидродинамических отклонений.

3. Использование полученного выражения позволяет повысить эффективность процесса водоочистки с применением аэрации.

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. Изд. 5-е, стереотип. — М.: Физматлит, 2001. 736 с.
2. Франк-Каменецкий Д.А. Основы макрокинетики. Диффузия и теплопередача в химической кинетике: учебник-монография. Изд. 4-е. — Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2008. 408 с.
3. Киселёв П.Г. Гидравлика: основы механики жидкости. Учеб. пособ. — М.: Энергия, 1980. 360 с.
4. Викулин П.Д., Викулина В.Б. Гидравлика и аэродинамика систем водоснабжения и водоотведения. — М.: Изд-во МИСИ-МГСУ, 2018. 396 с.

References — see page 94.

Современные способы обработки осадков

В статье рассмотрены виды осадков, описаны допустимые способы их обработки, а также показано, в каких сооружениях и в каком количестве осадки образуются.

Авторы: Н.И. КУЛИКОВ, д.т.н., профессор; Л.Н. ПРИХОДЬКО, к.т.н., доцент, Сочинский государственный университет (СГУ)

Обработка осадков производится для получения конечного продукта, наносящего окружающей среде наименьший вред, либо в идеале пригодного для использования в промышленности или сельском хозяйстве. Эта цель достигается осуществлением следующих трёх основных процессов (в различных технологических последовательностях):

1. **Стабилизацией**, придающей осадкам сточных вод способность не выделять вредные продукты разложения при длительном хранении.
2. **Обезвоживанием**, обеспечивающим минимальный объём осадков.
3. **Обеззараживанием**, делающим осадки безопасными по санитарно-бактериологическим показателям.

Стабилизация

Для сырого осадка и избыточного активного ила или биоплёнки, как правило, применяют стабилизацию в аэробных или анаэробных условиях.

Анаэробное сбраживание производят на малых сооружениях в перегнивателях, а на крупных — в метантенках с получением метана, который используется для выработки электроэнергии и тепла для нужд очистной станции.

Для станции производительностью 500 м³/сут. используется перегниватель (септик). Время пребывания осадка в таком сооружении при средней температуре +15 °С составляет не менее 40 дней, что в нашем случае составит объём: для аэротенков с первичными отстойниками — 436 м³, для сооружений без первичных отстойников — 596 м³. При сбраживании количество осадка по сухому веществу уменьшается на 25–30 %, влажность осадка падает до 96 %. Биологический процесс в перегнивателях происходит экстенсивно, под влиянием внешних условий.

К достоинствам перегнивателей следует отнести их простоту, надёжность и отсутствие потребления энергии, к недостаткам — большой объём сооружений.

Аэробная стабилизация — это процесс окисления органических субстратов в аэробных условиях, который производится в сооружениях типа аэротенков глубиной 3–5 м. Время обработки для избыточного активного ила составляет от двух до пяти суток, для смеси ила и осадка первичных отстойников — 8–12 суток. То есть объём стабилизатора для сооружений на 500 м³ составит:

- для сооружений с первичными отстойниками — 109 м³;
- для сооружений без первичных отстойников — 44,7 м³.

Анаэробное сбраживание производят на малых сооружениях в перегнивателях (септиках), а на крупных — в метантенках с получением метана, который используется для выработки электроэнергии и тепла для нужд очистной станции. Аэробная стабилизация — процесс окисления органических субстратов в аэробных (бескислородных) условиях, который производится в сооружениях типа аэротенков глубиной 3–5 м

Это значительно меньше, чем у перегнивателя, но за это придётся платить сооружением отстойника с временем пребывания 1,5–5 часов — это объём примерно 1,8 м³/м³ стоков, а главное — расход электроэнергии на аэрацию, 1–2 м³/м³ объёма стабилизатора в час, но не менее 6 м³/м² в час, что составляет:

- для сооружений с первичными отстойниками — 163,5 м³/ч;
- для сооружений без первичных отстойников — 67,5 м³/ч.

Всё это при глубине не менее 4 м для выполнения условия «не менее 6 м³/м² в час». Это потребует наличия воздуходувки мощностью в первом случае 2,75 кВт, во втором — 1,125 кВт. То есть каждый месяц будет дополнительно расходоваться в первом случае — 8910 руб., а во втором — 3645 руб.

Обезвоживание

Старейший способ обезвоживания — это иловые площадки [2], к достоинствам которых относится простота конструкции и лёгкость эксплуатации (отсутствуют требования к квалификации). Недостатки — большая площадь сооружений и увеличение требуемой санитарно-защитной зоны (СЗЗ).

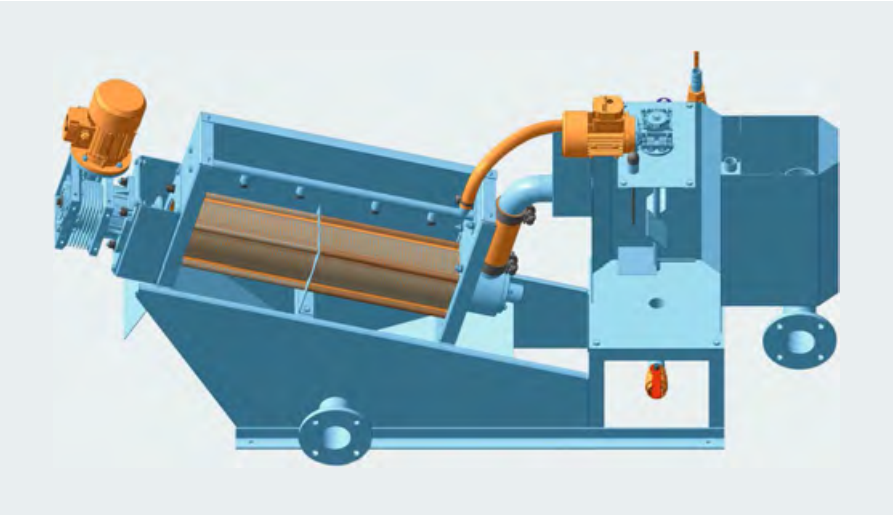
В нашем случае при суточной производительности $Q_{сут} = 500$ м^3 площадь иловых площадок для сооружений с аэротенками составит (по СНиП [2]):

- для сооружений с первичными отстойниками — 5570 м^2;
- для сооружений без первичных отстойников — 7614 м^2.

При различных способах интенсификации (совершенствование системы дренажей, устройство прозрачной кровли от дождя и системы вентиляции, дозирование флокулянта и т.д.) производительность удаётся поднять в два раза и, соответственно, сократить площадь.

Кроме того, согласно СНиП [2] ширина санитарно-защитной зоны при использовании иловых площадок требуется на 200 м больше (400 против 200 м).

В современных условиях обезвоживание на иловых площадках является нерациональным, как с экономической, так и с экологической точек зрения. Поэтому применяют механическое обезвоживание на различных устройствах. Простейшими устройствами являются мешочные фильтры [3]. В таких фильтрах осадок, предварительно смешанный с флокулянтом, наливается в мешки из фильтровального материала, где обезвоживаются до влажности 85%. Далее мешки снимаются и заменяются на новые. К достоинствам установки относятся дешевизна, простота эксплуатации, удобство погрузки и транспортировки обезвоженного осадка (в целях экономии обычно мешки опорожняются и используются повторно, цена 30-литрового мешка составляет 350 руб.).



Современный шнековый дегидратор

Другие устройства, получившие широкое распространение:

1. **Центрифуги** — дорогие и капризные устройства высокой производительности, применение которых оправдано только на крупных станциях.
2. **Ленточные фильтр-прессы** — громоздкие и сложные устройства.
3. **Шнековые дегидраторы** — современные, надёжные и экономичные устройства для обезвоживания осадка — после того, как появилось много отечественных производителей, их стоимость стала вполне приемлемой.

Следует также отметить, что для всех устройств обезвоживания требуется станция приготовления и дозирования флокулянта (полиэлектролита).

Обеззараживание осадков

Исследования показали, что даже сброженные в мезофильных условиях осадки сточных вод содержат большое количество гельминтов и патогенных микроорганизмов. Попадая в благоприятные условия яйца гельминтов становятся способными заражать людей и животных. Поэтому в случае дальнейшего использования в качестве органических удобрений для сельского хозяйства необходимо произвести обеззараживание осадка. Для этих целей широкое практическое применение получили биотермические, термические и химические методы.

Биотермический процесс разложения органических веществ осадков, осуществляемый под действием аэробных микроорганизмов с целью стабилизации, обеззараживания и подготовки осадков к утилизации в качестве удобрения, называется компостированием. Компостирование позволяет существенно сократить расходы на топливо или электроэнергию и улучшить санитарно-гигиенические показатели за счёт гибели болезнетворных микроорганизмов, яиц гельминтов и личинок мух. Для приготовления компоста желательно использование сырого, несброженного остатка, так как в процессе жизнедеятельности аэробных организмов происходит потребление и расход органических веществ и их нагрев.

Процесс компостирования производится обычным (экстенсивным) способом на компостных площадках или траншеях с продолжительностью несколько месяцев, либо по ускоренной технологии в специальных аппаратах (компостерах) в течение пяти-семи дней. В результате проведения компостирования получают компост в виде сыпучего материала влажностью 40–50%.

Готовый компост не имеет запаха, не загнивает и является хорошим удобрением. При этом решается проблема песка — его можно также засыпать в компостер, и он органично войдёт в состав полученного компоста, при этом нет необходимости отмывать его от органики в сложных и дорогостоящих устройствах. Следует отметить, что для компостирования важно поддержание оптимального соотношения C:N и начальной влажности, которые для осадков сточных вод достигают внесением углеродосодержащих добавок — опилок, сухой листвы, сухой травы, бумаги, веток, соломы, торфа и т.д., в зависимости от местных условий. В условиях Сочи отличной добавкой может служить помёт с Адлерской птицефабрики, образующийся в количестве 250 тонн в месяц и являющийся для фабрики обузой, или органические компоненты твёрдых бытовых отходов (ТБО).

Таким образом, оптимальной для сооружений производительностью 500 м³/сут. представляется следующая схема обработки осадка:

- уплотнение осадка в илоуплотнителе-отстойнике;
- дальнейшее обезвоживание на шнековом дегидраторе;
- ускоренное компостирование совместно либо с подстилочным помётом в компостере периодического или непрерывного действия (например, с вращающимся барабаном), либо с органическими компонентами ТБО [7].

При производительности КОС свыше 50 тыс. м³/сут. для переработки осадков сточных вод, отходов животноводческих комплексов и органических компонентов ТБО целесообразно использование сухой ферментации смеси обезвоженных осадков [6] и отходов жизнедеятельности людей и животных для переработки в биогаз и удобрение, а для биологической очистки сточных вод свободноплавающего активного ила, избыток которого можно использовать в качестве корма рыбам, а также птицам и прочим домашним животным, после сгущения и обезвоживания ила с подачей его в специальные кормушки [6].

Сухая ферментация: от биомусора до биогаза

Технология сухой ферментации позволяет получать энергию из отходов сельского хозяйства и озеленения. Это экологически безопасное, стабильное и CO_2-нейтральное производство. Для получения биогаза не используются продукты питания и корм, только отходы.

Сухая ферментация открывает новые возможности для озеленительных фирм, пищевой промышленности и прочих предприятий, где много биологических отходов

Несомненно, использование возобновляемых источников энергии положительно влияет не только на экологию, но и на сохранность ископаемых природных ресурсов. Важным является и то, что биологические отходы являются «национальным сырьём» для каждой страны, то есть нет необходимости закупать их за границей, а значит, цена на них не зависит от политической ситуации. При удачном расположении биогазовой установки затраты на транспорт сырья также могут стать несущественными. Биогаз легко хранить и транспортировать, поэтому нет необходимости располагать биогазовую установку в непосредственной близости от потребителя. В одной только Германии на сегодняшний день более 3,5 млн семей покрывают свои потребности в электроэнергии благодаря биогазу. В сельских районах строительство биогазовых установок способствует созданию новых рабочих мест.

При ферментации биомассы получается биогаз с высоким содержанием метана и низким содержанием сероводорода.

В сравнении с влажной ферментацией требуются значительно меньшие капитальные затраты и количество исходного сырья. Любая органика, которая может быть ферментирована, как, например, биологические отходы, обрезки, навоз (содержание твёрдого вещества до 60%), может быть использована для получения биогаза. Более того, нет необходимости в сортировке либо дополнительной предварительной подготовке материала.

Технически усовершенствованные системы

Рассматриваемые технологии позволяют перерабатывать отходы в действительно ценный материал. Получаемая в результате электроэнергия может продаваться в сеть, а тепло, выделяемое в процессе выработки электричества, можно использовать для собственных нужд, тем самым экономя. Остатки сырья после сбраживания являются прекрасным натуральным, высококачественным удобрением.

Сухая ферментация открывает новые возможности для озеленительных фирм, пищевой промышленности и прочих предприятий, где имеется большое количество биологических отходов. Отпадает необходимость платить за вывоз и утилизацию мусора, его можно перерабатывать, получая ценные энергоресурсы. При должном подборе оборудования сроки окупаемости установки сравнительно невелики, а вклад в защиту окружающей среды неоспорим. Продажа удобрений, полученных в процессе ферментации, может дать существенный доход. При сбраживании сырья в сухих ферментерах достигается постоянно высокий выход газа. Благодаря современным технологиям существенно сократилось время простоя, приводящего к падению доходов. По сравнению с влажной ферментацией процесс происходит быстрее, требуется меньше работы персонала, меньше места, меньший расход воды и энергии.

1. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. — М.: Стройиздат, 1988. 256 с.
2. СНиП 2.04.03–85. Канализация. Наружные сети и сооружения. — М.: ФГУП ЦПП, 2006. 87 с.
3. Карагезов Ф.Г. Обезвоживание осадков сточных вод. Автореф. канд. техн. наук по спец. 05.23.04. — М., 1989. 25 с.
4. Карттунен Э. Водоснабжение II / Пер. с финск. — СПб.: Новый журнал, 2005. 688 с.
5. Заводовская Е.М. Разработка технологии подготовки обезвоженных осадков сточных вод КОС к расширенной утилизации. Автореф. канд. техн. наук по спец. 05.23.04. — Волгоград, 2009. 19 с.
6. Биогазовые установки BIOFerm [Электр. ресурс]. BIOFerm. Режим доступа: viessmann.com. Дата обращ.: 10.06.2019.
7. Очистка муниципальных сточных вод с повторным использованием воды и обработанных осадков: теория и практика / Н.И. Куликов, А.Н. Ножевникова, Г.М. Зубов и др. — М.: Логос, 2014. 400 с.

Воздушные тепловые насосы De Dietrich

В европейских странах применение тепловых насосов растёт из года в год и очень активно. Но более всего виден рост количества установок в сегменте тепловых насосов для системы горячего водоснабжения. История внедрения тепловых насосов в России, как и некоторого другого инженерного оборудования, на несколько лет отстаёт от опыта европейских стран...

Можно предположить, что в обозримом будущем мы перейдём к этапу более активного внедрения тепловых насосов в РФ, и в количественном выражении это будет наиболее заметно по тепловым насосам для системы ГВС. Именно в этом оборудовании скрыт реальный потенциал для внедрения на многих объектах для частного, коммерческого и административно-бытового применения.

Конструкция воздушного теплового насоса De Dietrich модели Kaliko для системы ГВС — или, как его ещё называют, термодинамического водонагревателя, — напоминает ёмкостной водонагреватель косвенного нагрева. С той разницей, что, помимо теплообменника-змеевика для подключения котла, в нижней части ёмкости для получения горячей воды имеется ещё и конденсатор теплового насоса.

Испаритель, вентилятор, автоматика и другие узлы теплового насоса размещены на верхней части оборудования. Таким образом, отсутствует внешний блок теплового насоса, что делает его установку таким же простым, как и монтаж стандартного ёмкостного водонагревателя.

Для выработки горячей воды Kaliko потребляет всего 500 Вт и при лучшем коэффициенте эффективности теплового насоса (COP = 3,7) обеспечивает 1,7 кВт мощности нагрева в системе ГВС.

Для оценки целесообразности применения сравним тепловой насос для системы ГВС с ёмкостным электрическим водонагревателем. Для расчёта приняты средние реальные показатели эффективности теплового насоса, исключая максимальные значения COP. Расчёт выводит потреблённое количество горячей воды, выше которого достигается окупаемость капитальных затрат.

Воздушный тепловой насос De Dietrich Kaliko для системы ГВС с дополнительным электрическим нагревательным элементом

Иными словами, для подобного оборудования срок окупаемости точнее измерять не во времени, а в литрах приготовленной горячей воды. Но, если для удобства восприятия для разных категорий потребителей перевести расход в месяцы, то получим срок окупаемости в диапазоне от года до шести лет.

Можно сделать вывод, что наиболее целесообразно применение тепловых насосов для системы горячего водоснабжения в объектах типа кафе, ресторанов, гостиниц и т.д.

Парадоксом является то, что в настоящее время по статистике большинство подобных установок находят своё применение не на указанных объектах, а в частных домах, где срок окупаемости больше. Причиной является недостаточная информированность потребителей о подобных технологиях, их доступности и простоте внедрения.

Рассмотрим подробнее варианты водонагревателя с воздушным тепловым насосом Kaliko в помещении. Воздух, поступающий в ТН, может забираться с улицы и из помещения. Температура воздуха на выходе из теплового насоса на 6–8 °С ниже, чем входящего воздуха. Таким образом, можно частично использовать данное оборудование и как источник холода. Это особенно актуально для установки в помещениях с избытками тепла.

Если охлаждённый воздух не представляет интереса для использования, то его можно удалять в шахту или по отдельному воздуховоду на улицу. В такой схеме можно создать эффект рекуперации тепла,

когда при работе теплового насоса для системы ГВС в помещение поступает свежий воздух, а воздух из помещения удаляется на улицу, предварительно отдавая полезное тепло на нагрев ГВС. Таким образом, достигается экономичный режим вентиляции помещения.

Тепловой насос Kaliko от De Dietrich для системы ГВС является тем видом ТН, который по совокупности своих эксплуатационных особенностей имеет наибольший потенциал для массового внедрения: быстрая окупаемость, простота установки, гибкие схемы размещения, получение побочного холодного воздуха. Более производительные установки воздушных тепловых насосов De Dietrich представлены моделями HPI Evolution и Alezio Evolution мощностью до 27 и 16 кВт.

Такие тепловые насосы подходят не только для нагрева горячей воды, но и для системы отопления дома и других тепловых нагрузок здания, включая даже такие высокотемпературные, как подогрев вентиляции и бассейна. Модели HPI и Alezio состоят из внутреннего и наружного блоков теплового насоса. В наружном блоке установлены инверторный компрессор, испаритель со своей обвязкой и вентилятор теплового насоса.

Подобная установка способна поглощать тепло из наружного воздуха (температурой до –20 °С) и использовать его для испарения фреона, который далее переносит полученное извне тепло в отапливаемое помещение. В помещении устанавливается внутренний блок теплового насоса De Dietrich, в котором имеется конденсатор, служащий для конденсации фреона и передачи полученного извне тепла в систему отопления, но уже с более высокими параметрами (вплоть до температуры теплоносителя +65 °С).

Реверсивный тепловой насос De Dietrich HP Inverter Evolution («воздух–вода»)

Геотермальный реверсивный тепловой насос De Dietrich GSHP («вода–вода», «вода–земля»)

Удобство конструкции внутреннего блока тепловых насосов De Dietrich состоит и в том, что он уже оснащён гидравлической стрелкой, насосом отопительного контура, предохранительным клапаном и расширительным баком. Для подключения и управления системой отопления в тепловом насосе HPI Evolution имеется автоматика Diematic iSystem, способная управлять в погодозависимом режиме несколькими контурами отопления, а также системой ГВС, нагревом бассейна и т.д.

Предусмотрено также каскадное подключение двух тепловых насосов для увеличения мощности установки и/или для целей резервирования. Резервным источником тепла может также выступать электрический, пеллетный или дизельный котёл и пр. Причём включаться данный источник тепла будет только по команде автоматики тёплового насоса De Dietrich, компенсируя недостаточные мощность или скорость нагрева.

Для активного расширения парка установленных тепловых насосов и опыта их применения и эксплуатации в среде профессионалов и потребителей именно тепловые насосы для систем ГВС подходят наилучшим образом. Подобное оборудование при достаточной активности инженеров и заинтересованности и информированности потребителей способно в ближайшее время сдвинуть тенденцию медленного продвижения тепловых насосов в России и открыть дорогу данному оборудованию, в том числе даже более сложным решениям на базе ТН.

На правах рекламы.

Программа лояльности NAVIEN PRO

1 сентября 2019 года в России стартовал проект федерального масштаба — Программа лояльности для профессиональных монтажников и сервисных специалистов NAVIEN PRO. В отопительной отрасли нет ничего важнее доверительных отношений с клиентами. NAVIEN спешит помочь каждому клиенту. Ежедневно партнёры компании создают уют и комфорт для тысяч семей по всему миру. Для успешной реализации проекта монтажнику требуется нечто большее, чем качественное оборудование и нечто большее, чем отличные отношения.

Компания «Навиен Рус» неизменно ценит взаимовыгодное сотрудничество с партнёрами, занимающимися установкой отопительного оборудования NAVIEN.

1 сентября 2019 года в России стартовал проект федерального масштаба — Программа лояльности NAVIEN PRO для профессиональных монтажников и сервисных специалистов, которая призвана объединить профессионалов от Калининграда до Камчатки и позволит всем желающим повысить свою квалификацию в монтаже котельного оборудования, получить дополнительный заработок за установку оборудования NAVIEN, а самым ответственным — новых клиентов и специальные коммерческие условия.

В основу Программы лояльности вошли лучшие мировые практики. После прохождения простой регистрации и аутентификации личности монтажнику станет доступна возможность регистрировать смонтированное оборудование NAVIEN, повышать статусы и накапливать баллы, которые можно будет обменивать на вознаграждения.

Участникам Программы лояльности NAVIEN PRO доступно три вида обмена баллов на вознаграждения:

1. Денежный перевод на банковскую карту.
2. Перевод на мобильный телефон.
3. Обмен на подарочные электронные сертификаты.

Программа лояльности NAVIEN PRO для профессиональных монтажников и сервисных специалистов

Данные, необходимые для процедуры регистрации в Программе лояльности NAVIEN PRO

Обработка персональных данных в Программе лояльности NAVIEN PRO

Компания ООО «Навиен Рус», российское представительство концерна KD NAVIEN (Южная Корея), является Организатором Программы лояльности NAVIEN PRO. Оператором Программы лояльности и официального сайта платформы выступает компания ООО «Дигифт». Принимая условия участия в Программе лояльности NAVIEN PRO и соглашаясь с настоящей политикой и заключённым договором публичной оферты, пользователь (Участник Программы) соглашается на обработку персональных данных. Таким образом, компания ООО «Дигифт», выступая в роли Оператора Программы лояльности NAVIEN PRO, получает от пользователя (Участника Программы) персональную информацию с целью дальнейшей обработки. Получить более подробную информацию по обработке персональных данных, а также ознакомиться с «Политикой конфиденциальности персональной информации» можно на сайте **www.navien.pro** или позвонив в службу технической поддержки платформы по номеру телефона **8 800 333 07 78**.

Портрет участника Программы

Программа лояльности NAVIEN PRO подходит для монтажника, если он:

- монтирует отопительное оборудование NAVIEN;
- хочет дополнительно зарабатывать и получать призы;
- стремится постоянно развивать собственные профессиональные навыки и повышать свою квалификацию;
- готов получать заказы от новых клиентов, просто хорошо и качественно выполняя свою работу.

Рис. 1. Серии котлов NAVIEN, участвующие в Программе лояльности NAVIEN PRO

Рис. 2. Статусы участников Программы лояльности NAVIEN PRO

Минимальная сумма компенсации (обмена баллов)

Минимальное количество баллов принимаемых для обмена на российские рубли, а именно — для вывода на банковскую карту или мобильный телефон — составляет 5000 баллов. Минимальное количество баллов для обмена на подарочную карту составляет 3000 баллов.

Серии котлов в рамках Программы лояльности NAVIEN PRO

В рамках Программы лояльности для профессиональных монтажников и сервисных специалистов NAVIEN PRO участвуют следующие серии котлов (рис. 1):

1. Настенные котлы NCB 700 (2500 баллов*), SmartTOK (1000 баллов*) и EQB (1000 баллов*).

2. Напольные котлы GTD / GPD (1500 баллов*) и RTD / RPD (1500 баллов*).

Статусы участников Программы

Программа лояльности NAVIEN PRO предусматривает несколько уровней статусов участия. В случае набора необходимого количества установленных и зарегистрированных котлов Участнику присваивается следующий уровень, который позволяет накапливать баллы с повышенным коэффициентом (рис. 2):

1. Специалист (получает базовое количество баллов).

2. Мастер (после установки 10 котлов — дополнительно +10 %).

3. Профессионал (после установки 100 котлов — дополнительно +50 %).

* Базовое количество баллов, получаемое за один установленный и зарегистрированный монтаж котла NAVIEN.

** 1 балл = 1 российский рубль.

Налогообложение в рамках Программы лояльности NAVIEN PRO

Согласно законодательству Российской Федерации, а именно п. 68 ст. 217 НК РФ, все накопленные бонусы (баллы**), их денежный эквивалент, являются объектом обложения НДФЛ для всех Участников Программы лояльности NAVIEN PRO (поскольку они являются ограниченным кругом лиц, которые добровольно приняли решение участвовать в Программе).

Согласно п. 28. ст. 217 НК РФ освобождаемая от налогообложения сумма доходов не должна превышать 4000 руб. за один календарный год. Все суммы свыше этого «порога» в 4000 руб. подлежат обязательному налогообложению.

ООО «Навиен Рус», являясь Организатором Программы лояльности, через Оператора Программы (ООО «Дигифт») удерживает НДФЛ в размере 13 % и осуществляет последующее перечисление удержанной суммы в бюджет РФ.

Блокировка пользователей Программы

Напоминаем всем участникам, что проверка зарегистрированных монтажей ведётся в непрерывном режиме. Если участник не соблюдает правила программы и умышленно регистрирует котлы, монтаж которых был выполнен другими специалистами/организацией, то после второго нарушения аккаунт нарушителя удаляется.

Баллы могут быть списаны по инициативе Организатора в случае, если они были начислены на счёт Участника ошибочно, в результате недобросовестных действий Участника или по иным основаниям, определённым непосредственно по решению Организатора.

Организатор вправе в любое время в одностороннем порядке прекратить участие в Программе лояльности NAVIEN PRO любого Участника без предупреждения по любой причине, включая, но не ограничиваясь, случаем, если Участник:

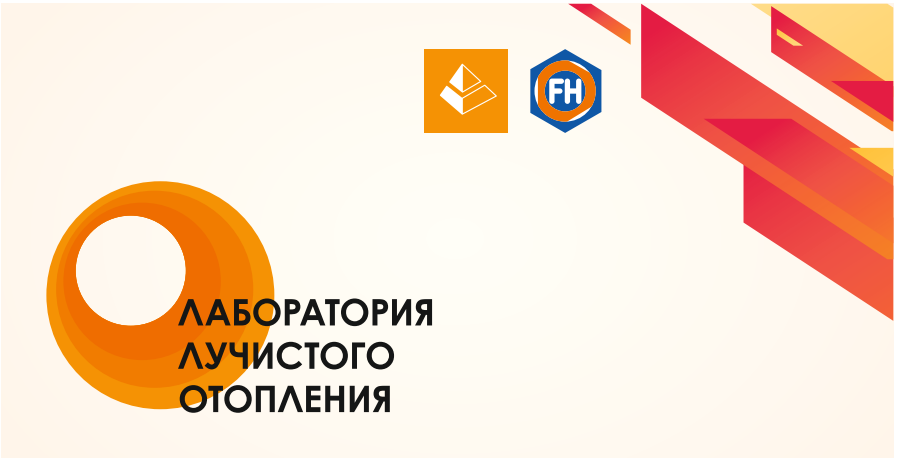
1. Предоставляет недостоверные, недостаточные/некорректные (не позволяющие идентифицировать его) сведения и/или информацию, а также совершил иные действия, вводящие в заблуждение Организатора.

2. Совершил или намеревается совершить действия, имеющие значимые признаки обмана или прочие манипуляции, которые повлекли или могут повлечь за собой материальный ущерб, моральные и прочие негативные последствия.

3. Не соблюдает настоящие Правила Программы лояльности NAVIEN PRO.

Зарабатывайте вместе с NAVIEN — станьте участником клуба единомышленников и успешных партнёров уже сегодня и получайте заявки от конечных потребителей на монтаж котлов NAVIEN без посредников!

Подробности на **www.navien.pro** или по телефону **8 800 333 07 78**.



Исследование теплотехнических характеристик низкотемпературных инфракрасных излучателей*

В современном мире проблема энергосбережения является одной из важнейших в строительной отрасли ввиду роста цен на энергоносители [1]. Бóльшая доля энергетических ресурсов расходуется на отопления крупнообъёмных помещений. Среди известных способов оптимизации и снижения затрат тепловой энергии при отоплении таких помещений особенным является использование систем лучистого отопления. Среди прочих способов оно является приоритетным и заслуживающим особого внимания [2–4], поскольку по сравнению с водяными и воздушными системами отопления требует меньших затрат теплоты без снижения уровня теплового комфорта.

В отопительных системах на базе инфракрасных излучателей (ИИ) теплота подаётся в рабочую зону направленным потоком теплового излучения. Так как воздушные массы в помещении не поглощают электромагнитное излучение в инфракрасном спектре, а лишь рассеивают его, то энергия от ИИ аккумулируется на облучённых поверхностях и способствует формированию конвективных потоков, обеспечивающих нагрев воздуха рабочей зоны, что указывает на принципиальное отличие от «традиционных» систем отопления и перспективность использования лучистых систем [5, 6].

Нормативная база, определяющая требуемые параметры микроклимата крупнообъёмных помещений, не учитывает специфику работы систем лучистого отопления. А она, в свою очередь, является определяющей при рассмотрении преимуществ данных систем по сравнению с водяными и воздушными. По объёму затрачиваемой тепловой энергии превосходство лучистых систем отопления может составлять до 40 % [3, 5, 6].

Воздушные массы в помещении не поглощают электромагнитное излучение в инфракрасном спектре, а лишь рассеивают его, и энергия от ИИ аккумулируется на облучённых поверхностях и способствует формированию конвективных потоков, обеспечивающих нагрев воздуха рабочей зоны, что указывает на принципиальное отличие от «традиционных» систем отопления и перспективность использования лучистых систем

Одним из факторов, позволяющих снизить энергопотребление, является снижение температуры воздуха рабочей зоны $t_{в.р}$ на величину до 4 °С по сравнению с нормативными значениями, предусмотренными при проектировании «традиционных» систем отопления [7, 8].

* Данная статья является первой из планируемых трёх научных публикаций, посвящённых изучению теплового режима помещений, оборудованных энергоэффективными инновационными системами лучистого отопления на базе низкотемпературных инфракрасных излучателей.

Рецензия эксперта на статью получена 05.11.2019 [Expert review on the article received on November 05, 2019].

УДК 697.7. Научная специальность: 05.23.03.

Исследование теплотехнических характеристик низкотемпературных инфракрасных излучателей

В. И. Бодров, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой; **М. В. Бодров**, д.т.н., профессор; **А. А. Смыков**, аспирант, кафедра отопления и вентиляции, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ННГАСУ)

Приведена методика и результаты исследования теплотехнических характеристик низкотемпературных инфракрасных излучателей производства компании ООО «Флайг+Хоммель». Проведены численный и натурный эксперименты на базе Учебного научно-исследовательского центра «Системы отопления с использованием низкотемпературных инфракрасных излучателей» ННГАСУ.

Ключевые слова: *теплофизика, водяное отопление, инфракрасное излучение, лучистое отопление, излучатель.*

UDC 697.7. Number of scientific specialty: 05.23.03.

Study of radiated heating systems on the base of low-temperature infrared radiators

V. I. Bodrov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department; **M. V. Bodrov**, Doctor of Technical Sciences, Professor; **A. A. Smykov**, postgraduate student, the Department of Heating and Ventilation, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering (NNGASU, Nizhny Novgorod city)

The methodology and results of the study of the heating system on the basis of low-temperature infrared emitters produced by "Flaig+Hommel", LLC, are given. Numerical and full-scale experiments were carried out on the basis of the "Heating systems using low-temperature infrared radiators" Educational Research Center of the NNGASU.

Keywords: *thermophysics, water heating, infrared radiation, radiant heating, radiator.*

Это становится возможным за счёт большей плотности потока теплового излучения в помещениях с системой отопления на базе инфракрасных излучателей, которое непосредственно нагревает поверхность тела людей и животных.

Наиболее энергоэффективным видом лучистого отопления, ввиду ряда факторов [5], можно считать отопление на базе газовых инфракрасных излучателей (ГИИ). В таких системах исключено использование промежуточного теплоносителя (воды, пара), тепловая энергия поступает в помещение от первичного энергоносителя — газа. Однако использование подобных систем связано с некоторыми сложностями, например, применение любых видов ГИИ в категорийных помещениях ограничено, ведь использование «светлых» газовых инфракрасных излучателей связано с выбросом продуктов сгорания непосредственно в объём обслуживаемого помещения, что накладывает свой отпечаток на перечень помещений, где возможна их установка. Стоит учесть, что подключение газа во многих регионах России сопряжено с крупными финансовыми затратами.

Один из самых эффективных видов лучистого отопления, применение которого не столь ограничено, — системы лучистого отопления на базе низкотемпературных инфракрасных излучателей (НИИ). Отопительные приборы в данных системах — излучающие профили или потолочные излучающие панели, использующие жидкий теплоноситель, нагретый до температур от 40 до 150 °С. Тепловая энергия передаётся от теплоносителя к излучателю, и он, в свою очередь, начинает излучать электромагнитные волны в инфракрасном диапазоне, что обеспечивает отопление обсуживаемого помещения.

Одной из причин малого распространения систем отопления на базе НИИ является отсутствие апробированной на практике научно-обоснованной методики проектирования.

Стоит отметить, что использование систем отопления на базе низкотемпературных инфракрасных излучателей характеризуется рядом преимуществ, ведущим к высокой энергоэффективности системы отопления, таким как: низкая тепловая инерция, что обеспечивает короткое время реагирования; простое и эффективным регулирование, за счёт небольшого количества теплоносителя в системе; направленная подача тепловой энергии в рабочую зону помещения, что позволяет создать зональную систему отопления; простота монтажа и обслуживания, за счёт кратного уменьшения длины транзитных трубопроводов; снижение трансмиссионных тепловых потерь через покрытие здание, к которому ведёт небольшой градиент температуры воздуха по высоте помещения и отсутствие «тепловой подушки»; возможность применения возобновляемых источников энергии и систем рекуперации теплоты; отсутствие сквозняков и пылевых масс, благодаря минимизации конвективных процессов; бесшумная работа системы; экономия пространства; долгий срок службы.

Применение лучистых систем отопления на базе НИИ является эффективным и экономически обоснованным в крупнообъёмных помещениях, таких как производственные помещения, шоурумы, здания транспортной инфраструктуры, спортивные комплексы и т.д.

Для проведения комплекса исследований теплового режима помещений, оборудованных лучистыми системами отопления на базе НИИ, в ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ) был создан Учебный научно-исследовательский центр «Системы отопления с использованием низкотемпературных инфракрасных излучателей» (УНИЦ «СОНИИ»). В основу центра легла «Лаборатория лучистого отопления», оборудованная необходимой приборной базой и созданная совместно с компанией ООО «Флайг+Хоммель» при непосредственном её финансировании.

Для создания полноценной картины работы системы отопления на базе НИИ требуется всестороннее изучение следующих теплофизических параметров: определение удельной теплоотдачи излучающего профиля (излучателя); измерение плотности лучистого потока тепловой энергии; моделирование теплового режима отапливаемого помещения; моделирование теплового и температурного режимов ограждающих конструкций обслуживаемого помещения.

В данной статье представлены результаты исследований, связанных с определением удельной теплоотдачи 1 п.м. излучающего профиля и измерением плотности лучистого потока тепловой энергии. Объектом исследований стал излучающий профиль модели Helios 750 (рис. 1) производства компании Flaig+Hommel. Для оценки теплотехнических характеристик профиля была сконструирована экспериментальная установка, показанная на рис. 2. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 3.

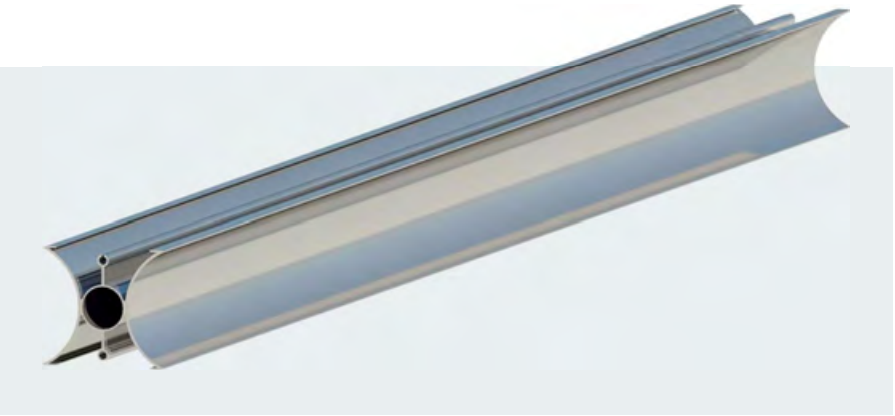


Рис. 1. Излучатель марки Helios 750

Характеристики исследуемого излучателя марки Helios 750: габаритные размеры (ш×в×д) — 170×170×1000 мм; материал профиля — анодированный сплав алюминия (AlMgSi0,5); максимальное рабочее давление — 10 бар; максимальная температура подаваемого теплоносителя ограничена лишь характеристиками источника теплоты, поскольку сплав не подвержен коррозии и высокотемпературной эмиссии электронов. Данный образец позволяет смоделировать фрагмент системы водяного лучистого отопления на базе НИИ, применить известные в этой области методики испытаний, получить экспериментальные данные, которые масштабируемы для создания и усовершенствования методики проектирования систем лучистого отопления.

Экспериментальное определение удельной тепловой мощности 1 п.м. излучателя табл. 1

№ опыта	N, шт.	t_1, °С	t_2, °С	G_1, кг/ч	G_2, кг/ч	$Q_{общ}$, Вт	$Q_{тр}$, Вт	$Q_{изл}$, Вт	Δt, °С
1	8	30,01	26,32	279,03	270,21	1462,94	100,50	82,37	6,37
2	8	39,40	33,11	313,48	303,76	2658,17	189,81	142,46	13,46
3	8	52,43	41,24	284,56	276,36	4048,02	323,79	186,71	22,94
4	8	61,68	48,52	316,09	307,42	5310,73	413,10	250,74	30,80
5	8	69,83	56,97	399,42	390,64	6535,48	502,44	314,49	38,90

Рис. 2. Лаборатория лучистого отопления ННГАСУ (УНИЦ «СОНИИ»)

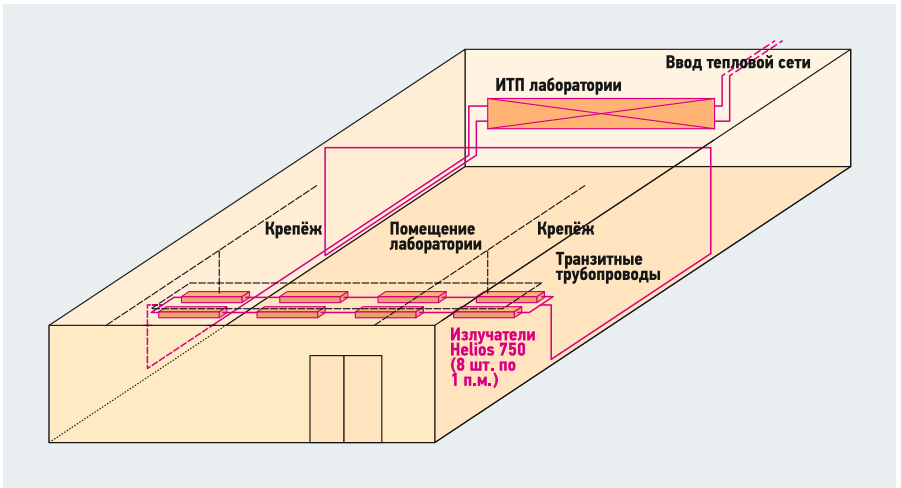


Рис. 3. Схема экспериментальной установки лаборатории лучистого отопления УНИЦ «СОНИИ»

В рамках исследования было проведено термографическое исследование лабораторной установки, результаты приведены на рис. 4–5.

Измерение удельной теплоотдачи одного п.м. излучателя производилось с помощью электромагнитного расходомера-счётчика марки ЭРСВ-570Ф и вычислителя количества теплоты ТРСВ-026М производства ЗАО «Взлёт». Измеряемые величины: t_1 и t_2 — температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах установки, °С; G_1 и G_2 — массовые расходы теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе экспериментальной установки, кг/ч; N — количество включённых излучателей, шт.; $Q_{тр}$ — транзитные тепловые потери [Вт], измеренные экспериментально.

Уравнение удельной теплоотдачи 1 п.м. излучателя в заданных условиях выглядит следующим образом:

$$Q_{изл} = \frac{\frac{G_1 c_{t1} t_1}{3,6} - \frac{G_2 c_{t2} t_2}{3,6}}{N} - Q_{тр}, \text{ кВт}, \quad (1)$$

где c_{t1} и c_{t2} — теплоёмкости воды в подающем и обратном трубопроводах, соответственно, кДж/(кг·°С).

Результаты проведённых исследований по определению удельной тепловой мощности 1 п.м. излучателя приведены в табл. 1 и на рис. 6.

Измерение плотности потока лучистой тепловой энергии проводилось при помощи неселективного радиометра «Аргус-03», координаты точек измерения определялись с помощью лазерного дальномера марки Bosch GLM 50C. Измеряемыми величинами являлись: t_1 — температура теплоносителя в подающем трубопроводе экспериментальной установки, °С; $t_{НИИ}$ — температура поверхности излучателя, °С; l_x — расстояние от поверхности излучателя до точки измерения, м; φ_x — угол между нормалью излучателя и плоскостью измерения, град.; $E_{НИИ}$ — плотность лучистого теплового потока, Вт/м^2.

CLEVERFIT AXIAL

УСТАНАВЛИВАЕТ НОВЫЙ СТАНДАРТ КАЧЕСТВА СИСТЕМ ТРУБ И ФИТИНГОВ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ

10 ЛЕТ ГАРАНТИИ КАЧЕСТВА

40 ЛЕТ ОПЫТА

PURMO CLEVERFIT PEX SD4+ 10 BAR – пятислойная труба с полностью защищенным кислородным барьером, специально разработанная, чтобы обеспечить превосходные характеристики и надежность работы в системах отопления и водоснабжения в течение всего срока эксплуатации.

Фитинги системы **CLEVERFIT AXIAL** изготовлены из высококачественного термопласта PPSU. Кроме долговечности, износоустойчивости и ударопрочности на уровне изделий из металлов, этот материал характеризуется инертностью к коррозионно-опасным средам, что позволяет осуществлять монтаж фитингов в цементно-песчаной стяжке без применения наружных изоляционных материалов.

Благодаря системе аксиальной запрессовки, а также эффекту молекулярной памяти материала трубы соединение «труба-фитинг» является одним из самых надежных типов соединений в тепло- и водопроводных системах.

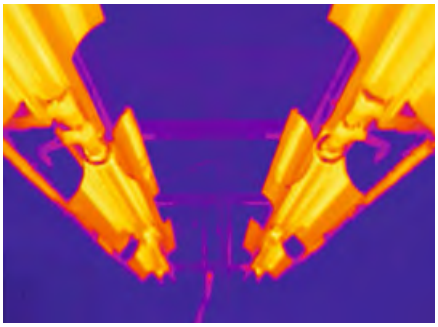
Реклама. Товар сертифицирован

°CLEVER
LOW TEMPERATURE RADIATORS

PURMO
clever heating solutions

АО «Реттиг Варме Рус» 127550, Москва, ул. Прянишникова, 23-а, офис 42 Тел. +7 (495) 743 2611 info@rettig.ru www.purmo.ru

Рис. 4. Панорамная термограмма лаборатории лучистого отопления УНИЦ «СОНИИ»



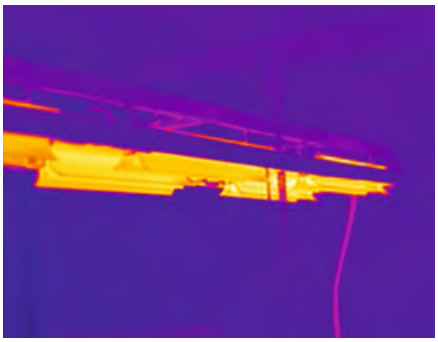


Рис. 5. Термограмма экспериментальной установки лаборатории лучистого отопления

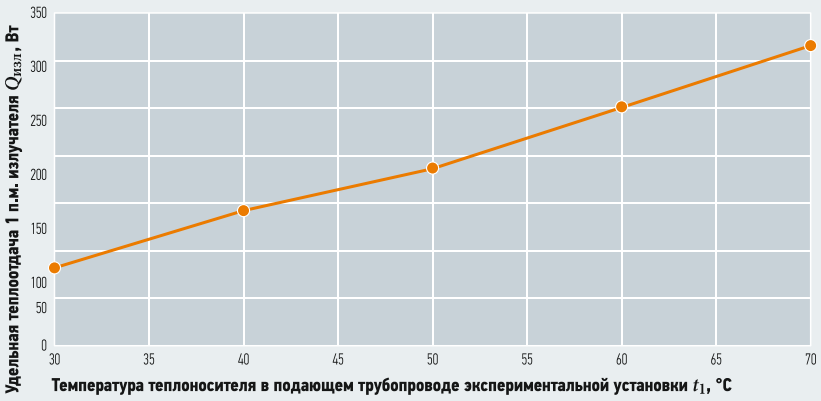


Рис. 6. График удельной мощности 1 п.м. излучателя Helios 750 в зависимости от температуры в подающем трубопроводе системы отопления

Экспериментальное измерение плотности лучистого потока тепловой энергии табл. 2

№ опыта	t_1, °С	$t_{НИИ}$, °С	l_x, м	φ_x, град.	$E_{НИИ}$, Вт/м²	№ опыта	t_1, °С	$t_{НИИ}$, °С	l_x, м	φ_x, град.	$E_{НИИ}$, Вт/м²
1	61,2	55,36	0,1	0	95,0	11	61,2	55,36	1,1	0	16,0
2	61,2	55,36	0,2	0	83,5	12	61,2	55,36	1,2	0	16,0
3	61,2	55,36	0,3	0	55,0	13	61,2	55,36	1,3	0	16,0
4	61,2	55,36	0,4	0	41,5	14	61,2	55,36	1,4	0	15,5
5	61,2	55,36	0,5	0	32,3	15	61,2	55,36	1,5	0	14,5
6	61,2	55,36	0,6	0	26,5	16	61,2	55,36	1,6	0	13,5
7	61,2	55,36	0,7	0	24,0	17	61,2	55,36	1,7	0	13,5
8	61,2	55,36	0,8	0	20,0	18	61,2	55,36	1,8	0	12,7
9	61,2	55,36	0,9	0	17,2	19	61,2	55,36	1,9	0	12,1
10	61,2	55,36	1,0	0	16,3	20	61,2	55,36	2,0	0	11,4

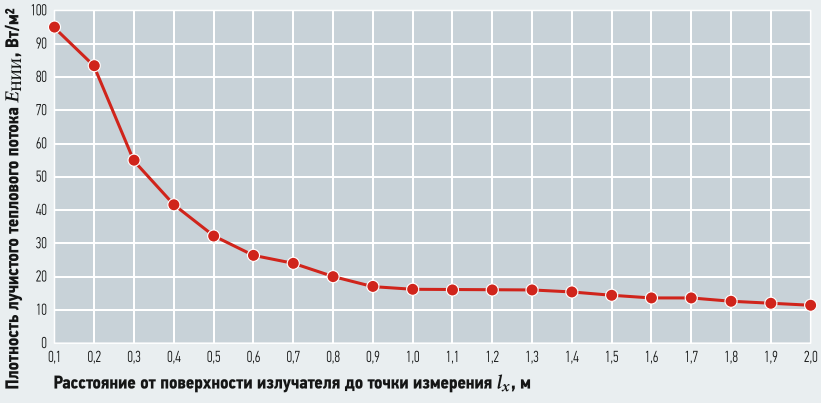


Рис. 7. График плотности лучистого потока излучателя Helios 750 в зависимости от расстояния до точки измерения

Результаты проведённых исследований по определению плотности потока лучистой тепловой энергии приведены в табл. 2 и на рис. 7.

На базе УНИЦ «СОНИИ» ННГАСУ проведено экспериментальное исследование теплотехнических характеристик низкотемпературных инфракрасных излучателей марки Helios 750 производства ООО «Флайг+Хоммель». Дальнейшим этапом исследований является лабораторное изучение теплового режима помещения, оборудованного НИИ с корреляцией полученных результатов на натурном объекте.

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ. Федер. закон от 23.11.2009 №261-ФЗ (ред. от 13.07.2015).
2. Бодров В.И., Смыков А.А. Исследование теплового режима наружных ограждающих конструкций в промышленных помещениях с системами отопления на базе инфракрасных излучателей // Приволжский научный журнал, 2018. №2. С. 29–36.
3. Бодров В.И., Смыков А.А. Теплофизические характеристики теплового контура зданий с газовыми инфракрасными излучателями // Журнал С.О.К., 2014. №7. С. 52–55.
4. Булатов А.Л., Загребина Е.В. Эффективность использования инфракрасных газовых излучателей для отопления производственных помещений ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» // АВОК, 2007. №2. С. 36–40.
5. Куриленко Н.И. Тепловой режим производственных помещений с системами отопления на базе газовых инфракрасных излучателей / Н.И. Куриленко, В.И. Максимов, Г.Я. Мамонтов, Т.А. Нагорнова. — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. 101 с.
6. Бухмиров В.В., Крупенников С.А., Солнышкова Ю.С. Алгоритм расчёт систем лучистого отопления помещений // Вестник ИГЭУ, 2010. Вып. 4. С. 23–25.
7. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
8. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализ. ред. СНиП 23-02–2003.

References — see page 94.

De Dietrich

GSHP

ГЕОТЕРМАЛЬНЫЙ ТЕПЛОВОЙ РЕВЕРСИВНЫЙ НАСОС

КОМФОРТ КРУГЛЫЙ ГОД

- A++ Энергоэффективный
- Бесшумный
- Экологичный
- Компактный и стильный

Реклама.

8·800·333·17·18
www.dedietrich.ru

Программное обеспечение для имитационного моделирования автономных теплоэнергетических установок

Рецензия эксперта на статью получена 28.01.2019 [Expert review on the article received on January 28, 2019].

В настоящее время количество автономных энергоустановок с поршневыми двигателями внутреннего сгорания (ДВС) в России достигает 50 тыс., а их суммарная установленная электрическая мощность составляет 17 млн кВт [1]. Только 4,5% энергоустановок (включая технологические), относящихся к малой энергетике, оборудовано системами когенерации, утилизирующими сбросовое тепло систем охлаждения, смазки и отвода отработавших газов первичного двигателя. Суммарная доля когенерации при производстве тепловой энергии в РФ составляет лишь 31% (в основном за счёт крупных электростанций). Для сравнения, в США и Великобритании доля когенерации достигает 80%, Нидерландах — 70%, Германии — 50% [2].

Государственной программой «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 года №2446-р) предусмотрено увеличение доли утилизируемого вторичного тепла до 68% к 2020 году. Увеличение доли теплоэнергетических установок на базе поршневых ДВС может дать экономию топлива до 12% в отрасли малой теплоэнергетики и до 4% от общей выработки тепла в России.

К дополнительным положительным эффектам когенерации относятся:

- снижение суммарных выбросов вредных веществ в атмосферу генерирующими установками;
- уменьшение «теплового загрязнения» окружающей среды, в том числе за счёт снижения выбросов углекислого газа;
- снижение затрат на прокладку тепловых сетей и подключение к ним и сокращение тепловых потерь (автономные когенерационные теплоэнергетические установки размещаются непосредственно в местах потребления тепловой энергии);
- общее повышение надёжности теплоснабжения.

На российском рынке энергоустановок с первичными ДВС доля отечественной продукции составляет от 3% (с дизелями) до 5% (с газопоршневыми двигателями), при этом доля установок с системами утилизации сбросового тепла двигателя ещё ниже. Можно сказать, что отечественные когенерационные теплоэнергетические установки выпускаются как единичные экземпляры под конкретных заказчиков. Одной из причин этого является низкий технический уровень продукции, вызванный стремлением изготовителей минимизировать затраты на расчёт, испытания и конструктивную доводку энергоустановок.

УДК 519.876.5, 621.311.236. Научная специальность: 05.04.02, 05.23.03, 05.14.04.

Программное обеспечение для имитационного моделирования автономных теплоэнергетических установок

А. А. Малозёмов, д.т.н., доцент, профессор, кафедра колёсных и гусеничных машин; **А. В. Наумов**, начальник учебной части, заместитель начальника кафедры «Танковые войска»; **Г. А. Малозёмов**, студент факультета математики, механики и компьютерных технологий, Южно-Уральский государственный университет (ЮУрГУ)

С применением компонентного подхода и теории бондграфов, разработано программное обеспечение для имитационного моделирования сопряжённых газо-, гидро- и термодинамических процессов, кинематики и динамики, химической кинетики горения топлива в автономных теплоэнергетических установках с поршневыми двигателями внутреннего сгорания и позволяющее прогнозировать их основные параметры на ранних стадиях проектирования.

Ключевые слова: *теплоснабжение, теплоэнергетическая установка, поршневой двигатель, программное обеспечение, математическая модель.*

UDC 519.876.5, 621.311.236. Numbers of scientific specialty: 05.04.02, 05.23.03, 05.14.04.

Software for numerical simulation of autonomous combined heat and power plants with reciprocating engines

A. A. Malozemov, Doctor of Technical Sciences, Docent, Professor of the Wheeled and Tracked Vehicles Department; **A. V. Naumov**, Head of the Educational Unit, Deputy Head of the "The Tank corps" Department; **G. A. Malozemov**, student, the Mathematics, mechanics and computer technologies faculty, South-Ural State University (National Research University)

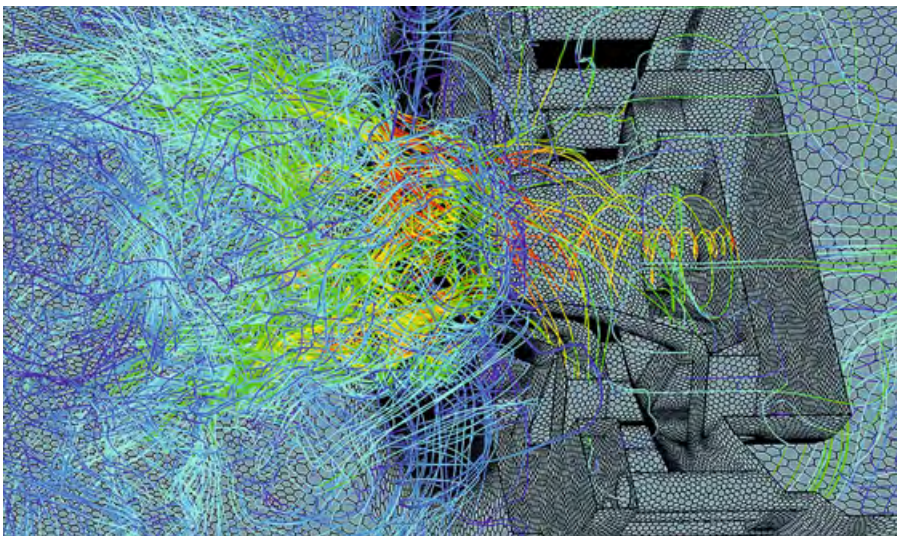
Using the component approach and the bondgraphs theory, software has been developed for numerical simulation of conjugated gas-, hydro-, and thermodynamic processes, kinematics and dynamics, chemical kinetics of fuel combustion in autonomous heat and power plants with reciprocating internal combustion engines and making it possible to predict their main parameters at early design stages.

Keywords: *heat supply, heat and power plant, reciprocating engine, software, mathematical model.*

Решение данной проблемы тесно связано с более широким внедрением специализированного программного обеспечения (ПО) для имитационного моделирования автономных теплоэнергетических установок с поршневыми ДВС, позволяющего, с одной стороны, частично заменить дорогостоящие и трудоёмкие натурные испытания виртуальными, а с другой — повысить точность выполняемых расчётов.

Для имитационного моделирования поршневых ДВС наиболее часто применяется коммерческое программное обеспечение AVL Boost, Ricardo Wave, GT-Suite, AmeSim и другое аналогичное. Реализованные в этом программном обеспечении математические модели не предназначены для расчёта теплоэнергетических установок, содержащих системы когенерации, процессы в которых должны быть сопряжены с процессами ДВС, и не включают граничные условия, отражающие особенности режимов функционирования тепловых и электрических сетей. Общим недостатком ПО и математических моделей теплоэнергетических установок, с точки зрения их применения для решения задач совершенствования первичных ДВС энергоустановок, является недостаточно детальное описание поршневого двигателя, что не позволяет оценивать влияние конструктивных и режимных параметров установки на тепловую и механическую напряжённость деталей ДВС, выбросы вредных веществ с отработавшими газами.

Чаще всего для математического описания двигателя в составе энергоустановок применяются модели с усреднёнными по циклу параметрами (MVEM). Отдельные системы и механизмы двигателя в таких моделях не описаны совсем.



Симуляция процессов, происходящих в ДВС, в программном обеспечении компании AVL

Основные научные проблемы имитационного моделирования теплоэнергетических установок с поршневыми двигателями внутреннего сгорания обусловлены следующими факторами:

- различным масштабом времени сопряжённых процессов в системах и механизмах энергоустановки и двигателя (например, быстротекущие — газодинамические в газовоздушном тракте и камере сгорания, медленные — термодинамические в системе утилизации сбросового тепла) влекущим необходимость, с одной стороны, детального математического описания быстротекущих процессов, с другой стороны, снижения трудоёмкости расчёта медленных процессов;
- многообразием конструктивных решений энергоустановок с поршневыми ДВС и системами когенерации, которые невозможно описать в рамках одной универсальной модели.

В ходе работы, основные результаты которой изложены в данной статье, были обоснованы и программно реализованы общие принципы технологии имитационного моделирования автономных теплоэнергетических установок и двигателей в их составе, основанные на следующих подходах:

В РФ только 4,5 % энергоустановок (включая технологические), относящихся к малой энергетике, оборудовано системами когенерации, утилизирующими сбросовое тепло систем охлаждения, смазки и отвода отработавших газов первичного двигателя

- **системном** — энергетическая установка рассматривается как динамическая система с изменяемой структурой, состояние которой декларативно описывается системой алгебраических и дифференциальных уравнений;
- **компонентном** — имитационная модель энергоустановки составляется из готовых библиотечных компонентов, «казуально» (то есть без явно алгоритмически выраженных причинно-следственных связей) связанных между собой;
- **объектно-ориентированном** — из математического описания выделяются компоненты и связи, реализующие аналогичные методы преобразования данных.

Функциональные возможности математической имитационной модели (и, соответственно, основанного на ней программного обеспечения) должны позволять описывать транзиентные, мультидоменные и сопряжённые процессы различного масштаба времени.

Мобильная энергоустановка с ДВС

Каждый компонент имитационной модели обменивается со связанными компонентами (включая компоненты граничных условий) мощностью:

$$N(t) = f(t)\,e(t), \qquad (1)$$

где $f(t)$ и $e(t)$ — потоковая и потенциальная фазовая переменные, соответственно; t — время.

Состояние компонента в любой момент времени описывается следующим компонентным уравнением:

$$\varphi(e, f) = 0. \qquad (2)$$

Объединение компонентов осуществляется в виде топологических уравнений баланса потенциальных переменных:

$$\sum_{i=1}^{i}(e_i) = 0, \qquad (3)$$

а также в виде непрерывности потоковых переменных:

$$\sum_{j=1}^{j}(f_j) = 0. \qquad (4)$$

Полная модель представляет собой систему алгебраических и обыкновенных дифференциальных уравнений, связывающих фазовые переменные. Для реализации компонентного подхода используется метод ненаправленных графов связей (бондграфов [3]), которые представляют совокупность элементов, соответствующих элементарным типам преобразования энергии: источники/стоки энергии, аккумуляторы, диссипативные элементы и собственно преобразователи. Для элемента графа уравнение мощности (1) дополняется уравнением энергии:

$$E(t) = E(t_0) + \int_{t_0}^{t} N(t)\,dt, \qquad (5)$$

и аналогичными уравнениями обобщённых перемещения и импульса.

За время $\Delta t = t - t_0$ через связь (которая тоже является объектом) и соответствующий порт компонента передаётся энергия, выражаемая следующим образом:

$$\Delta E = E(t) - E(t_0) = \int_{t_0}^{t} N(t)\,dt, \qquad (6)$$

В соответствии с объектно-ориентированным подходом была выполнена декомпозиция обобщённой имитационной модели теплоэнергетической установки и выделены связи. Переменные, входящие в систему уравнений (1–6), были интерпретированы для элементов системы когенерации и двигателя внутреннего сгорания и сгруппированы по базовым доменам (газо-, гидро- и термодинамика, динамика механизмов и так далее). Созданы математические описания методов объектов (компонентов и их связей) в составе энергоустановки.

Например, газодинамическая связь компонентов будет описываться следующей системой уравнений:

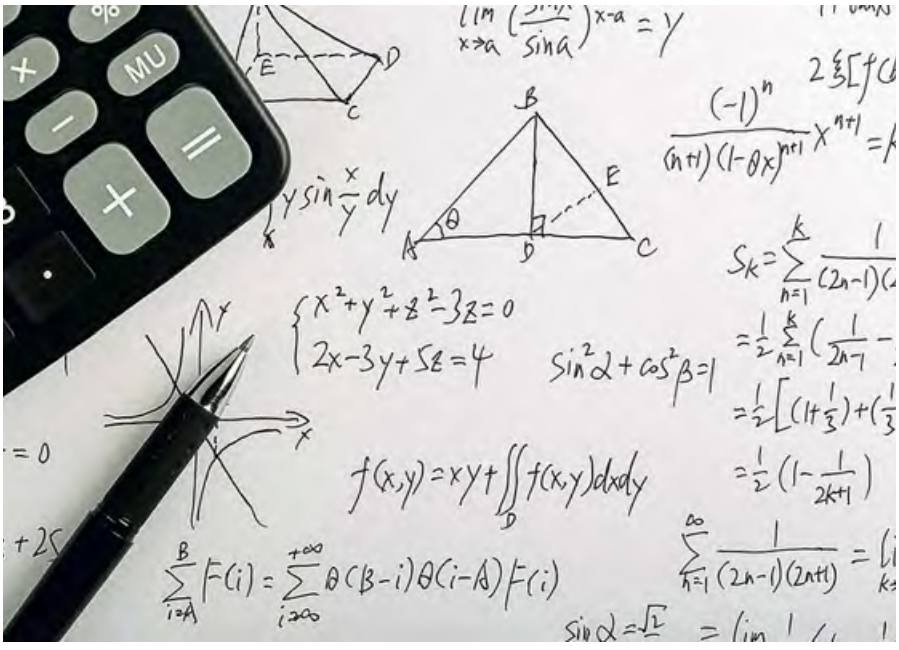
$$\sum_{p=1}^{p}\left(\frac{dG_p}{dt}\right) - 0, \qquad (7)$$

$$P_1 = P_2 = \ldots = P_p, \qquad (8)$$

где G — масса газа проходящего через связь (потоковая переменная); P — давление (потенциальная переменная); p — номер связи.

Компонент «переменный объём газа» описывается системой уравнений массового, энергетического балансов и состояния. Одномерная модель газовой динамики потоков учитывает волновые явления. Термодинамические характеристики рабочих сред зависят от их температуры. Термодинамика «твёрдых» компонентов описывается уравнением Фурье-Кирхгофа, которое для выравнивания масштаба времени компонентов (методом конечных разностей) приведено к виду обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка. Возможна как одномерная, так и двух- или трёхмерная постановка расчётной задачи.

Аналогично математически описаны компоненты и связи, принадлежащие другим доменам теплоэнергетической установки, а также граничные условия, моделирующие тепловую и электрическую нагрузку и другие внешние условия её функционирования. Математические модели гидродинамических компонентов (систем смазки, охлаждения, когенерации и другие) отличаются от газодинамических моделей тем, что не учитывают сжимаемость жидкости. Модели турбины и компрессора основаны на системе уравнений баланса энтальпии газа.



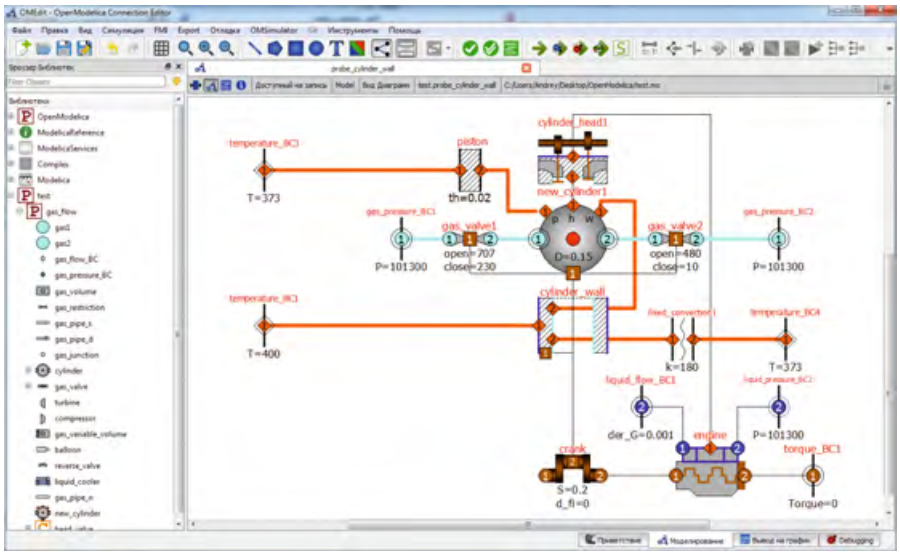


Рис. 1. Окно редактора OMEdit с примером имитационной модели одноцилиндрового двигателя

Генератор — синхронная явнополюсная машина с короткозамкнутым ротором (используется в большинстве энергоустановок с ДВС), при необходимости можно использовать и другие модели. В отдельные функции выделены зависимости, не относящиеся к базовым доменам. Более детальное описание математических моделей компонентов и связей приведено в публикациях [4, 5].

Разработанные математические модели были реализованы в виде программного обеспечения [6], представляющего собой инструмент для решения практических задач создания и совершенствования теплоэнергетических установок с поршневыми ДВС. Одной из основных особенностей разработанных математических моделей является наличие аказуальных связей между компонентами, поэтому для её программной реализации должны быть использованы программные средства, обеспечивающие соответствующую функциональность.

Существует универсальное ПО, позволяющее создавать из готовых библиотек компонентные модели с аказуальными связями, например, MathWorks Simscape, Controllab 20-Sim, Siemens Simcenter AmeSim и другие. Недостатком любого универсального программного обеспечения является повышенная трудоёмкость создания оригинальных моделей и их расчёта из-за «избыточности» кода и неоптимизированной под решение специфических задач функциональности.

Одной из основных особенностей разработанных математических моделей является наличие аказуальных связей между компонентами, поэтому для её программной реализации должны быть использованы программные средства, обеспечивающие соответствующую функциональность

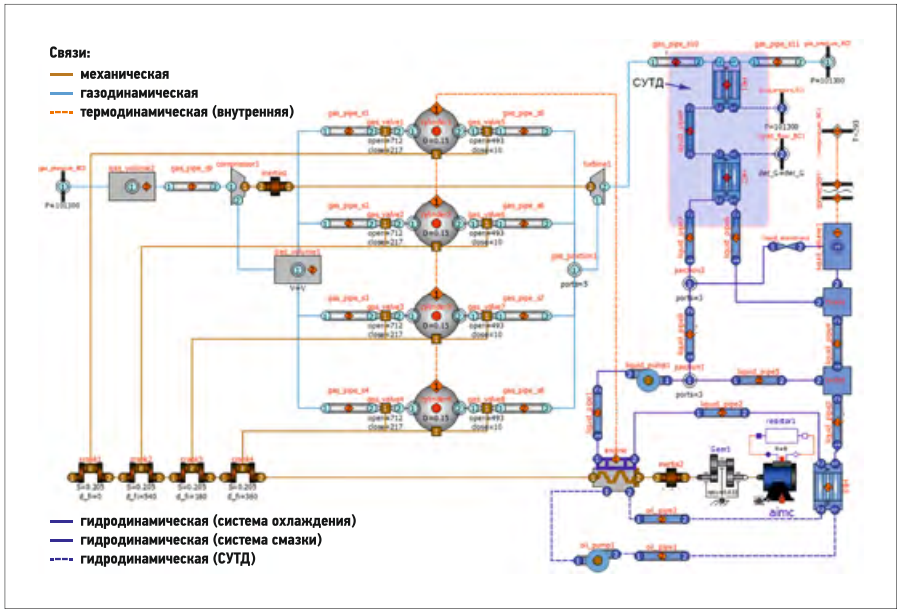


Рис. 2. Графическая схема имитационной модели макетного образца автономной теплоэнергетической установки с поршневым двигателем и системой утилизации сбросового тепла (СУТД)

Более целесообразным является разработка оригинального ПО с применением языков программирования, реализующих декларативную парадигму. Для решения задач данного исследования в наибольшей степени подходит Modelica, разрабатываемая некоммерческой организацией Modelica Association. Modelica является декларативным, объектно-ориентированным, мультидоменным языком компонентно-ориентированного моделирования сложных систем [7]. Важным является и то, что язык является некоммерческим и существуют некоммерческие реализации средств разработки с открытым кодом, например, OpenModelica, использованная в настоящей работе (рис. 1). Для решения системы уравнений, описывающей теплоэнергетическую установку, использовался решатель Differential / Algebraic System Solver (DASSL).

Его выбор обусловлен более высокой устойчивостью, по сравнению с традиционными методами (Euler, Runge-Kutta, Adams-Bashfort и т.д.), а также возможностью решать жёсткие дифференциальные уравнения, описывающие химическую кинетику процесса горения топлива.

С программным обеспечением можно работать как в текстовом, так и в графическом режиме (что удобнее). Библиотека классов не привязана к конкретному графическому интерфейсу, кроме OMEdit может использоваться программное обеспечение Siemens Dymola, MapleSim, Wolfram System Designer и др. В графическом режиме имитационная модель создаётся в следующей последовательности:

- методом drag and drop из библиотечных элементов составляется структура модели (рис. 1 и 2);
- в окне настройки выполняется параметризация и инициализация компонентов, при этом пользователь выбирает, какие переменные задавать (например, давление), а какие инициализируются решателем (например, масса теплоносителя);
- настраивается решатель;
- выполняется расчёт, его результаты сохраняются в формате *.mat или *.csv;
- при необходимости результаты моделирования визуализируются встроенными средствами редактора либо сторонними программами, например, Excel.

Относительно простотой и интуитивно понятный интерфейс ПО позволяет любому инженеру, не вдаваясь в нюансы математического моделирования, быстро создавать достаточно сложные модели (модель на рис. 2 содержит более 4000 уравнений, половина из которых дифференциальные) и выполнять разнообразные расчёты, включая оптимизационные.

Для верификации разработанного ПО был разработан и изготовлен макетный образец теплоэнергетической установки на основе четырёхцилиндрового ДВС с газотурбинным наддувом типа 4ЧН15/20.5 и теплообменников охлаждающей жидкости и масла типа ВХД/МХД и отработавших газов.

Методика верификации включала методику экспериментальных исследований макетного образца энергоустановки и методику проведения тестовых расчётов с использованием имитационной модели (рис. 2). Тепловая нагрузка имитировалась с учётом требований СНиП 41-01–2003. Электрическая нагрузка задавалась ступенями — 0,25; 50; 75 и 100 % от номинальной. Испытания были проведены в аккредитованной Росстандартом лаборатории АО «НИИ «Автотракторной техники», что гарантирует соблюдение метрологических требований и достоверность результатов. Была разработана методика испытаний ПО (по ГОСТ 19.301–79) с целью подтверждения соответствия его функциональных возможностей заявленным требованиям.

В ходе стендовых испытаний макетного образца автономной теплоэнергетической установки были получены экспериментальные данные. Верификация имитационной модели с их использованием (примеры на рис. 3 и 4) подтвердила адекватность математических моделей компонентов, используемых для имитационного моделирования. Коэффициенты парной корреляции расчётных и экспериментальных данных — не ниже 0,97. Испытания ПО для создания и расчёта имитационных моделей теплоэнергетических установок с поршневыми ДВС подтвердили соответствие его функциональных возможностей заявленным требованиям.

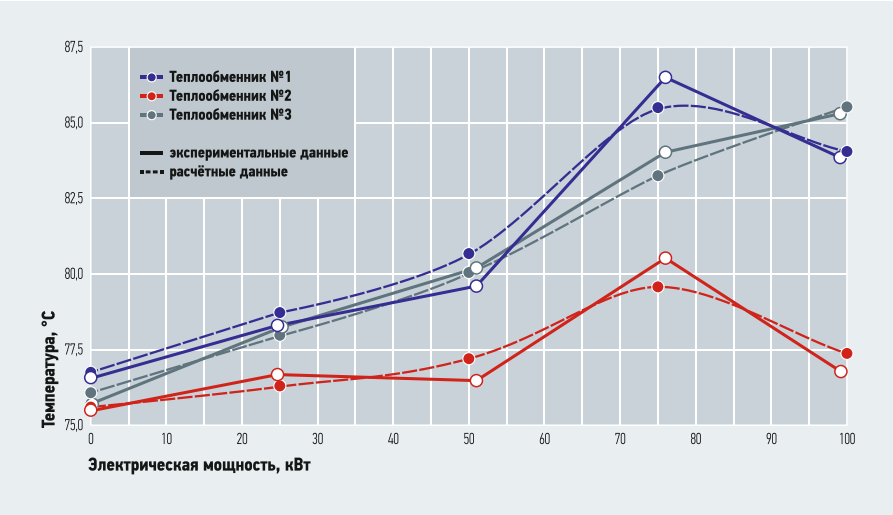


Рис. 3. Температура сред теплоэнергетической энергоустановки на выходе из соответствующих теплообменников

Время расчёта процессов в поршневом ДВС соизмеримо с зарубежным (неполным) аналогом — AVL Boost.

Итак, в ходе выполненных работ было достигнуто следующее:

- разработаны общие принципы имитационного моделирования теплоэнергетических установок с поршневыми ДВС, включающие системный, компонентный, и объектно-ориентированный подходы, использование теории бондграфов;
- созданы декларативные, мультидоменные, транзиентные математические модели компонентов и связей между ними для целей имитационного моделирования теплоэнергетических установок с поршневыми двигателями;
- разработано программное обеспечение, реализующее разработанные принципы имитационного моделирования и матмодели компонентов и связей;
- выполнена верификация тестовой имитационной модели по результатам экспериментальных исследований макетного образца автономной теплоэнергетической установки, которая подтвердила адекватность математических моделей компонентов, используемых для имитационного моделирования.

В ходе стендовых испытаний макетного образца автономной теплоэнергетической установки получены экспериментальные данные. Верификация подтвердила адекватность математических моделей компонентов

Результаты исследования используются Южно-Уральским государственным университетом и Южно-Уральским институтом управления и экономики при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию автономных теплоэнергетических установок на базе поршневых двигателей внутреннего сгорания [8].

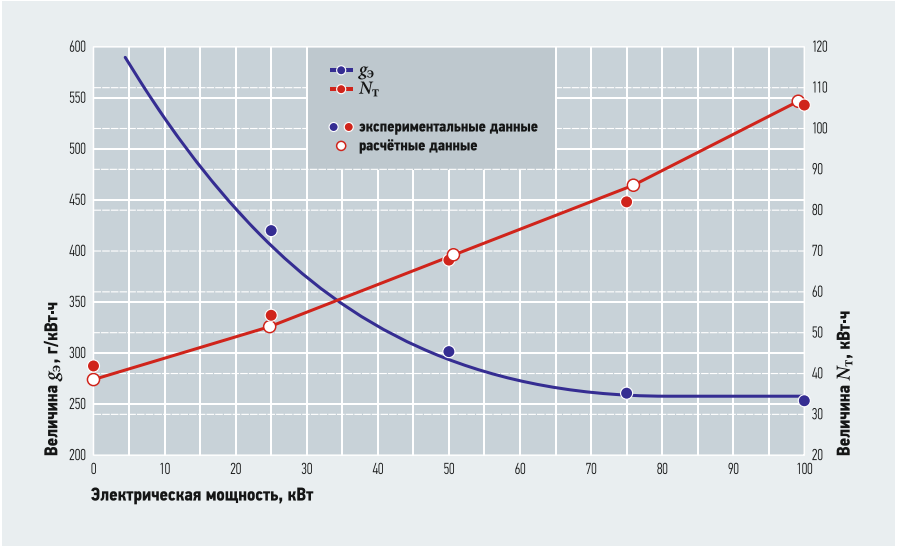


Рис. 4. Приведенный к электрической мощности удельный расход топлива и суммарная тепловая мощность теплоэнергетической энергоустановки

1. Ильковский К.К., Редько И.Я., Малоземов А.А. Дизельные электроагрегаты — база малой энергетики // Малая энергетика, 2004. №1. С. 15–24.
2. Ольховский Г.Г., Тумановский А.Г. Теплоэнергетические технологии в период до 2030 года // Известия РАН: Энергетика, 2008. №6. С. 79–94.
3. Borutzky W. Bond graph methodology. Development and Analysis of Multidisciplinary Dynamic System Models. London. Springer-Verlag. 2010. 662 p.
4. Малоземов А.А., Кукис В.С., Гимазетдинов Р.Р. Разработка математической модели и программного обеспечения для имитационного моделирования поршневых ДВС // Двигателестроение, 2018. №3. С. 3–9.
5. Malozemov A.A., Bondar V.N., Egorov V.V., Malozemov G.A. Digital twins technology for internal combustion engines development. Proc. of IEEE Global Smart Industry Conference (GloSIC). 2018. Pp. 1–6.
6. Гимазетдинов Р.Р., Малоземов А.А., Кукис В.С., Малоземов Г.А. Программа для имитационного моделирования когенерационной энергетической установки с поршневым двигателем внутреннего сгорания (цифровой двойник) // Свид-во о гос. рег-ции №2019610874 от 18.01.2019. Правообл.: ЮУрГУ; заявл. 29.12.2018; опубл. 18.01.2019. Бюл. №1.
7. Fritzson P. Principles of object-oriented modeling and simulation with Modelica 3.3: A cyber-physical approach. Wiley-IEEE Press. New-York, USA. 2014. 1256 p.
8. Гимазетдинов Р.Р., Малоземов А.А., Кукис В.С. Дизель-генераторная установка с утилизацией сбросовой теплоты поршневого двигателя // Тракторы и сельхозмашины, 2018. №2. С. 3–7.

References — see page 94.

14-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВОДНАЯ ВЫСТАВКА И ФОРУМ «ВОДА: ЭКОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ»

ЭКВАТЭК ECWATECH 2020

8—10 СЕНТЯБРЯ 2020

МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО

ВСЕ ПРОФЕССИОНАЛЫ И ЭКСПЕРТЫ
ВОДНОЙ ОТРАСЛИ В ОДНО ВРЕМЯ
НА ОДНОЙ ПЛОЩАДКЕ

WWW.ECWATECH.RU

ОРГАНИЗАТОР Reed Exhibitions®

ООО «РЕЛКС», РЕКЛАМА

Ремонт тепловых сетей: проблемы и решения

Сократить сроки проведения строительно-монтажных работ позволяют новые технологии, например, современные методы проведения сварочных работ и врезки новых трубопроводов или запорной арматуры без опорожнения существующего участка. На этапе проектирования важно максимально обеспечить потребности теплоснабжающей организации и снизить объём работ, выполняемых хозспособом. Целесообразно усиление контроля за выполнением обязательств подрядных организаций, касающихся своевременности, полноты и качества выполняемых работ и их соответствия техническим правилам, стандартам и нормам, а также увеличение ремонтной программы, переход на современные теплоизоляционные материалы и обеспечение должной эксплуатации и сохраняемости установленных конструкций.

Практика эксплуатации показывает, что на участках теплотрасс в течение непродолжительного периода происходит смещение теплоизоляционного покрытия, что резко снижает эффективность тепловой изоляции и ухудшает внешний вид теплотрасс. Резкое снижение объёмов капитального ремонта в последние годы осложняет планирование, обеспечивающее надёжную работу магистральных тепловых сетей, так как в основном в ремонт выводятся не ослабленные участки, а участки теплотрасс, полностью исчерпавшие ресурс и требующие немедленной замены. Важно усилить контроль, обеспечить проведение систематических совещаний и расследований, что связано с жизненной важностью систем теплоснабжения в климатических условиях России. Неэффективность государственного управления подталкивает к приватизации, происходит усиление позиций в области государственно-частного партнёрства на национальном уровне.

Начало отопительного сезона стало предметом совещания Президента РФ Владимира Путина с министрами, состоявшегося 25 сентября 2019 года [1]. Холода, пришедшие в Россию раньше срока, вынудили приостановить процесс ремонта внутриквартальных тепловых сетей, обеспечивающих теплоснабжение нескольких домов в городе Копейске Челябинской области. Нерешённость вопросов привела к снижению температуры внутреннего воздуха. Наблюдения за рыночными тенденциями — изменением спроса, предложения на товары и услуги, связанные с выполнением строительно-монтажных работ, — показывают, что проблемы начинают решаться только после вмешательства комиссии из центра.

Остаётся риск срыва начала отопительного сезона и в Еврейской автономной области, где назрел целый клубок проблем. Причина — аварийные теплотрассы, хозяйственные споры и арест счетов ГП ЕАО «Облэнергоремонт». Проблематика отражается в осуществлении государственно-частного партнёрства, а тенденцией сектора рынка теплоснабжения остаётся приватизация имущества.

Важно усилить контроль, обеспечить проведение систематических совещаний и расследований, что связано с жизненной важностью систем теплоснабжения в климатических условиях России

Автор: С.В. ЧИЧЕРИН, аспирант, Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)

Рассмотрение частных случаев, основанных на реальных фактах, позволяет сделать определённые выводы и обобщения о целесообразности увеличения ремонтной программы, замены теплоизоляционного материала и обеспечения должной эксплуатации и сохраняемости установленных конструкций. В [4] определена оптимальная толщина тепловой изоляции водяной теплосети с учётом критерия минимального значения удельных приведённых затрат с использованием известного алгоритма. Например, «дыхательные клапаны» на участках тепловых сетей надземной прокладки, покрытых тепловой изоляцией из мембранного покрытия, целесообразно применять лишь на территории, доступ к которой посторонних лиц возможно ограничить: промышленные объекты, охранные зоны железных дорог и т.п. Другой тенденцией является начало ведения журналов учёта состояния теплоизоляции на вновь смонтированных участках надземной прокладки. При выполнении текущего ремонта важны тепло- и гидроизоляция (фото 1), а также нанесение антикоррозионной защиты (АКЗ) на отрезках, где производились работы.

Фото 1. Железобетонная конструкция тепловой камеры городской тепловой сети после нанесения оклеечной гидроизоляции (фото сделано в городе Омске)

К примеру, соглашение о передаче имущества муниципального теплового хозяйства Костромы на баланс ПАО «ТГК-2» было подписано в июле. В результате на то, чтобы освоить 187 млн рублей, предназначенных на запланированную до конца года перекладку 18 км внутриквартальных тепловых сетей, у коммунальщиков осталось лишь пять месяцев, бóльшая часть из которых будет сопровождаться осадками и морозами. Руководитель новой теплоснабжающей организации заявила [2], что в Костроме степень износа коммунальной инфраструктуры достигает 80%, а срок эксплуатации отдельных участков превышает 40 лет. Стоимость подпитки для компенсации сверхнормативных потерь теплоносителя составляет около 200 млн руб. в год.

Для выполнения поставленных задач было привлечено значительное число подрядных ремонтных и строительных организаций, а на выполнение работ впервые задействовали более 100 специалистов. За лето было переложено и капитально отремонтировано 5 км магистральных и 1 км квартальных сетей. Планируется замена дополнительно 13 км тепловых сетей до конца 2019 года.

Для проведения профилактических работ система централизованного теплоснабжения города Москвы разделяется на десятидневные этапы протяжённостью сетей от одного до 16 км, от которых подключено от одного-двух до 250 потребителей. Мобильными бригадами выполнялась опрессовка тепловых сетей и текущий ремонт трубопроводов, где были обнаружены повреждения, а затем повторные гидравлические испытания на плотность и прочность. Так, летом 2019 года таких этапов было 600, а к работе в осенне-зимнем периоде подготовлены 16,4 тыс. км тепловых сетей, в том числе порядка 8000 км магистральных сетей и 8400 км внутриквартальных сетей, по которым транспортируется теплоноситель до более чем 70 тыс. потребителей, в том числе 33 тыс. объектам столичного жилого фонда [3].

Несмотря на это, количество повреждений в регионах стабильно высоко, достигая 0,1 единицы на километр магистральных тепловых сетей и 1,0 единицы на километр распределительных в среднем по теплоснабжающим организациям. Авральный характер работы вынуждает не получать официальное разрешение, оформляется ордер на производство аварийных работ, либо работы выполняются в ночное время, а для движения автотранспорта в дневное время место их производства засыпается щебнем. Режим работы в условиях постоянного цейтнота принуждает упрощать порядок проведения ряда процессов, например, требуемой «Роспотребнадзором» промывки сетей.

Теплоснабжающие организации, как правило, производят капитальный ремонт тепловых сетей с 100%-й заменой железобетонных лотков и плит перекрытия; работы ведутся в стеснённых условиях городской застройки (фото 2).

Важно ответственно производить выбор железобетонных элементов на этапе проектирования, формирования закупочной документации и осуществления приёмо-сдаточного контроля.

Например, плита типа ПК (межэтажная пустотная) используется при строительстве зданий и павильонов и не подходит для перекрытия тепловых камер и каналов. Для этой задачи предназначены плиты типа ВП или ПТ, они менее подвержены механическим воздействиям (не проламываются от движения автомобилей и строительной техники), меньше напитываются влагой.

Согласно СП 124.13330.2012 «Тепловые сети» выбор материалов для покровного слоя и тепловой изоляции следует производить по экономическому оптимуму суммарных эксплуатационных затрат и капиталовложений в тепловые сети, сопутствующие конструкции и сооружения. Однако, например, практика эксплуатации показывает, что покровной слой, выполненный стеклопластиком РСТ-410, на ряде участков теплотрасс после окончания гарантийного срока теряет целостность и эстетичный внешний вид из-за освобождения краёв стеклопластика из-под хомутов. На вертикальных участках теплотрасс в течение непродолжительного периода эксплуатации происходит частичное смещение теплоизоляционного покрытия вниз, что резко снижает эффективность тепловой изоляции и ухудшает внешний вид теплотрасс.

Современные методы проведения сварочных работ и врезки новых трубопроводов или запорной арматуры без опорожнения существующего участка позволяют сократить сроки СМР

При произведении строительно-монтажных работ (СМР) применяются новые технологии. Для улучшения конструкции изоляции на вертикальных участках трубопроводов на экспериментальном участке в городе Омске диаметром 720 мм тепловая изоляция выполняется в соответствии с Техническими решениями ТР 12131-ТИ.2015 и ТР 121274.2-ТИ.2015 «Теплоизоляционные изделия ЗАО “Минеральная вата” и Isotec в конструкциях тепловой изоляции оборудования и трубопроводов» и новой схемой монтажа, предложенной производителем.

Сократить сроки проведения строительно-монтажных работ, а, значит, снизить затраты и упростить согласования, позволяют новые технологии, например, современные методы проведения сварочных работ и врезки новых трубопроводов или запорной арматуры без опорожнения существующего участка.

Фото 2. Выполнение работ по плановому ремонту городских тепловых сетей на участке «Тепловые сети 2» коллектора от К-6-4Б до К-6-4Б-14 по улице Карла Маркса и улице Грязнова в стеснённых условиях города Иркутска

При выполнении работ по капитальному ремонту и реконструкции тепловых сетей, лежащих на эстакадах, контроль осадки высоких опор в критически важных местах производится с установкой реперных точек. Для исключения действия дополнительных механических нагрузок на трубопроводы важно контролировать состояние подвижных опор (рис. 3) и их плотное прилегание к конструкциям теплопровода.

В качестве неподвижных опор в ряде случаев используется сама стенка тепловой камеры. На этапе проектирования важно максимально обеспечить потребности теплоснабжающей организации и снизить объём работ, выполняемых хозяйственным способом. Например, байпасные линии вокруг секционирующей запорной арматуры большого диаметра целесообразно устраивать не только для упрощения открытия/закрытия задвижек, но и для получения возможности заполнения участков тепловых сетей меньшим расходом теплоносителя или холодной воды при проведении гидравлических испытаний на плотность и прочность.

При этом многие преимущества новых технологий (как и, например, в случае низкотемпературных систем теплоснабжения [5] или систем отопления и, в частности, тёплого пола [6]) могут быть нивелированы при неграмотном монтаже. Для отрасли характерна безответственность некоторых представителей подрядных организаций, которые, например, могут нарушить благоустройство вблизи тепловой камеры, производить работы на которой не предполагалось, несмотря на нарядно-допускную систему.

Фото 3. Подвижная опора на участке тепловой сети от местного теплоисточника в посёлке Листвянка (фото сделано в Иркутской области)

Заключение

В течение продолжительного времени (с 2005 по 2013 годы) усреднённый годовой объём капитального ремонта теплотрасс в Российской Федерации оставался приблизительно неизменным. В период с 2014 по 2018 годы произошло резкое снижение объёма капитального ремонта, что связано с нарастанием кризисных явлений в экономике и началом применения постатейных индексов затрат Минрегионразвития России при составлении сметных расчётов. Это повлекло за собой удорожание сметной стоимости работ и сокращение объёмов работ в 1,8 раза. Резкое снижение объёмов капитального ремонта в последние годы осложняет планирование, обеспечивающее надёжную работу магистральных тепловых сетей, так как в основном в ремонт выводятся не ослабленные участки, а участки теплотрасс, полностью исчерпавшие ресурс и требующие немедленной замены.

С точки зрения технической составляющей важно усилить контроль, например, обеспечить проведение систематических совещаний при руководителях отраслевых и муниципальных ведомств по вопросам рассмотрения результатов расследования причин аварий, причём с оценкой качества проводимых расследований и достаточности разработанных мероприятий. Мероприятия, направленные на усиление контроля и повышения качества расследований аварий, необходимо утверждать распорядительным документом с отражением фактов некачественного проведения расследований.

В климатических условиях России система теплоснабжения является жизненно необходимой в каждом доме и должна бесперебойно работать долгие годы, поэтому исключительно важно, чтобы проектирование и монтаж выполнялись квалифицированными и опытными специалистами. Неэффективность государственного управления подталкивает к приватизации, происходит усиление позиций в области государственно-частного партнёрства на национальном уровне. Заметно стабильное лидерство отдельных регионов, особенно в контексте усиления конкуренции муниципалитетов за частные инвестиции.

Целесообразно усилить контроль за выполнением обязательств организаций, вытекающих из заключаемых договоров подряда на выполнение ремонтных работ, касающихся своевременности, полноты и качества выполняемых работ и их соответствия техническим правилам, стандартам и нормам.

Выявленные несоответствия необходимо отражать в ремонтной документации, актах, а также документации, влияющей на расчёт принятых в теплоснабжающей организации количественных показателей.

1. Совещание с министрами Владимир Путин начал с помощи Тулуну, который пережил сильнейшее наводнение [Электр. текст]. «Первый канал» от 29.09.2019. Режим доступа: 1tv.ru. Дата обращ.: 09.10.2019.
2. Специалисты ТГК-2 назвали тепловые сети Костромы «самыми убитыми» [Электр. текст]. «K1News.ru — Главный портал Костромы» от 26.09.2019. Режим доступа: k1news.ru. Дата обращ.: 10.10.2019.
3. «МОЭК» завершил подготовку тепловых сетей к отопительному сезону [Электр. текст]. ПАО «МОЭК» от 26.08.2019. Режим доступа: online.moek.ru. Дата обращ.: 02.10.2019.
4. Петрикеева Н.А., Чудинов Д.М., Копытина Е.А., Мышовская Л.П. Вариант решения задачи оптимизации толщины теплоизоляционного слоя в теплоснабжении // Научный журнал строительства и архитектуры, 2018. №2. С. 21–28.
5. Чичерин С.В. Переход на системы теплоснабжения четвёртого поколения отложен в долгий ящик // Журнал С.О.К., 2019. №5. С. 37–40.
6. Гудко А.Н. Тёплые полы: современные решения и рыночные тенденции // Журнал С.О.К., 2019. №6. С. 20–33.

На правах рекламы.

АВИТОН

NORD COMPANY
СЕВЕРНАЯ КОМПАНИЯ

Двух- и трехходовые водогрейные газовые котлы ГК-НОРД от 175 кВт до 5 МВт

Надежность • Экономичность
Простота в обслуживании • Доступные цены

Компактные мини-котельные ТГУ-НОРД от 30 до 350 кВт

Автономный источник тепла и ГВС
Позволяет отказаться от тепловых сетей
На базе котлов ГК-НОРД

Сделано в России

Производитель ООО «Северная Компания»
Эксклюзивный дистрибьютор ООО «Авитон»
www.aviton.info
post@aviton.info
+7 (812) 677 93 42

Путешествие в мир передовых технологий для домашнего комфорта с LG Electronics

Компания LG Electronics в своих добрых традициях организовала пресс-тур по бытовой технике в Южную Корею — LG Press Tour 2019. Группа российских журналистов и блогеров познакомилась не только с эстетикой и передовыми технологиями LG, но и с культурой одной из самых удивительных и инновационных стран мира. Организаторы поездки и сопровождавшие группу представители южнокорейской компании — Татьяна Шахнес и Анна Федотовских — замечательно с этим справились.

Уже более 60 лет компания LG создаёт передовую технику. История становления бренда началась в 1958 году с производства первого в Корее транзисторного радиоприёмника, а позже первого чёрно-белого телевизора, стиральных машин, холодильников и кондиционеров. Сейчас LG является мировым лидером в производстве бытовой техники, в том числе климатического оборудования, а также решений LG ThinQ™ с искусственным интеллектом для «умного дома». Вместе эти продукты обеспечивают повышенное удобство, превосходную производительность, эффективную работу и неоспоримые преимущества для здоровья.

Г-н ЕнгНам Ро (YoungNam Roh) рассказал о новинках, которые компания LG Electronics приготовила и для российского потребителя

Официальная деловая программа тура включала посещение штаб-квартиры LG Twin Towers в Сеуле. Руководитель международного подразделения по продажам и маркетингу техники для кухни компании LG Home Appliance & Air Solution г-н ЕнгНам Ро (YoungNam Roh) поделился своим международным опытом, а также рассказал нам о тех новинках, которые компания LG Electronics приготовила и для российского потребителя.

Г-н ЕнгНам Ро (YoungNam Roh), руководитель международного подразделения по продажам и маркетингу техники для кухни компании LG Home Appliance & Air Solution

Как отметил г-н Ро, в последнее время российские потребители обращают особое внимание на уровень и качество жизни, проявляя всё большее внимание к климатической технике для дома. Поэтому LG представила, как на глобальном, так и российском рынке, компактный портативный очиститель воздуха LG PuriCare Mini, который можно взять с собой куда угодно благодаря небольшому размеру и весу. Это делает его идеальным вариантом для использования в транспорте и в других местах.

По своим размерам и весу PuriCare Mini сравним с бутылкой воды объёмом 500 мл или с большим стаканом кофе. Беспроводной портативный очиститель LG способен работать бесперебойно до восьми часов благодаря мощной батарее, которую можно легко подзарядить через USB. Он использует четырёхступенчатую систему фильтрации LG для тщательной очистки воздуха от вредных веществ.

Возможности LG PuriCare Mini по удалению аллергенов сертифицированы соответствующими медицинскими организациями, включая Британский фонд по борьбе с аллергией (BAF).

Кондиционер LG ARTCOOL Mirror в интерьере

Очиститель воздуха LG PuriCare 360°

Беспроводные портативные очистители воздуха LG PuriCare Mini размером с бутылку воды объёмом 500 мл обеспечивают до 8 ч работы

Кондиционеры LG ARTCOOL и DUALCOOL, совместимые с «умным» приложением LG ThinQ™

Паровой шкаф LG Styler — уникальная система для ухода за одеждой с помощью пара

AI DD™

Стиральная машина LG AI DD™ с интеллектуальной системой определения веса и характеристик загруженной ткани

В ходе специальной презентационной сессии мы также познакомились и с другими климатическими новинками LG для российского рынка — кондиционерами LG DUALCOOL и ARTCOOL.

Модель DUALCOOL — это решение, которое может использоваться круглый год в качестве мощного кондиционера и высокоэффективного очистителя воздуха. Также она совместима с «умным» приложением LG ThinQ™ для смартфонов. Пользователи могут легко настроить работу кондиционера в соответствии со своими потребностями, быстро задав нужную температуру, продолжительность работы и предпочтительный режим.

Линейка моделей ARTCOOL предлагает потребителю множество изящных и привлекательных дизайнов для различных интерьерных решений.

Ультрапремиальный бренд LG SIGNATURE — это передовые технологии и элегантный дизайн

Познакомиться ближе с другими новинками техники для дома участники пресс-тура смогли посетив как флагманские шоу-румы и магазины LG, так и научно-исследовательский центр и производство.

Знакомство началось с шоу-рума SIGNATURE KITCHEN SUITE со встраиваемой техникой LG для кухни, олицетворяющего собой дух высочайшего мастерства, стильного дизайна и высокую производительность. В нём представлены разные решения, демонстрирующие, как бытовая электроника LG может идеально дополнить любой интерьер, сформировав самую прекрасную кулинарную среду, отвечающую разнообразным вкусам даже самого взыскательного потребителя.

Также здесь представлены новинки ультрапремиального бренда LG SIGNATURE, созданные с применением передовых технологий и обладающие элегантным дизайном для обеспечения идеального комфорта: ультратонкий OLED-телевизор W9 с интеллектуальными технологиями совершенного цвета, элегантная стиральная машина с двумя барабанами, холодильник с функцией InstaView Door-in-Door и футуристический климатический комплекс. Кстати, коллекция LG SIGNATURE пополнилась двумя новыми интересными продуктами — винным шкафом и гибким OLED-телевизором R, сворачивающимся в рулон.

Вертикальный беспроводной пылесос LG CordZero A9+

В фирменном магазине LG нам представили новую систему ухода за одеждой при помощи пара — LG Styler Plus Black Edition, универсальный вертикальный пылесос CordZero A9+ с насадкой для влажной уборки и робот-пылесос CordZero R9 с поддержкой искусственного интеллекта, микроволновые печи LG NeoChef, «умную» стиральную машину

(AI DD), которая использует данные Big Data с 20 тыс. алгоритмов для тщательного и при этом бережного ухода за вещами. Линейка холодильников LG DoorCooling+ оснащена дополнительным потоком холодного воздуха для равномерного охлаждения всей холодильной камеры. И всё это — лишь небольшой список новинок для дома.

Совершили путешествие в парк технологических достижений LG Science Park Magok, где познакомились с высокотехнологичными продуктами-помощниками от LG под брендом CLOi — роботом-официантом, роботом-портье, роботом-тележкой для покупок и роботом-уборщиком для аэропорта. А робот-экзоскелет CLOiSuitBo создан уже для расширения возможностей самого человека — под-

держивать и усиливать ноги, чтобы обеспечить бóльшую мобильность и меньшую нагрузку на них. Среди технологических достижений LG в R&D-центре также представлены решения в области «умного дома» LG ThinQ™, создающие единую экосистему дома с возможностью её дистанционного управления. При помощи приложения LG ThinQ™ на смартфоне или через «умную» колонку LG Xboom AI ThinQ WK7Y с «Алисой» от Яндекса вы можете управлять разными бытовыми приборами для дома. LG планирует активно расширять это направление, связывая всё больше домашних приборов в единую домашнюю систему.

Что является важной частью работы крупной компании — это, конечно же, производство. Вместе с LG мы побывали на её заводе бытовой техники в Чангвоне.

Завод бытовой техники компании LG Electronics в Чангвоне

Инсталляция из изогнутых OLED-панелей на потолке в N Seoul Tower

Участники пресс-тура были в восторге от лучших блюд оригинальной корейской кухни

Здесь производят стиральные машины и холодильники, а также расположена инновационная галерея с демонстрацией самых передовых технологических решений компании для дома.

Насыщенная развлекательная программа включала также знакомство с древними традициями Южной Кореи. Например, участники тура примерили на себя национальный костюм жителей страны — разноцветный ханбок. Окунулись в мир современной уличной культуры на центральной торговой улице Мёндон, известной своим динамичным и насыщенным духом Сеула. И, конечно же, знакомились с традиционной корейской кухней. Участники насладились также потрясающим видом на город с самой высокой его точки — телебашни N Seoul Tower. В ней расположен первый в мире туннель, состоящий из 70 изогнутых OLED-экранов, а также инсталляция из OLED-панелей на потолке, потрясающих невероятно чётким, объёмным и ярким изображением.

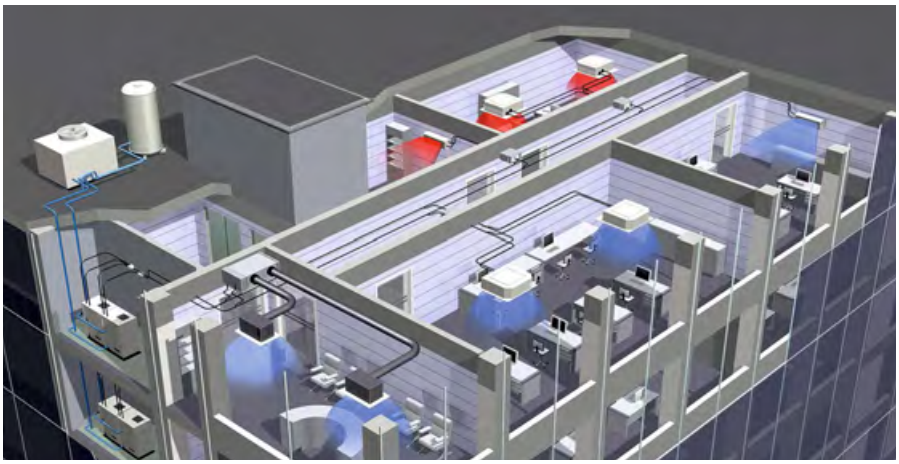


Фото: Daikin, daikinac.com

Разрушаем миф о энергоэффективности систем VRF с водяным охлаждением конденсатора

Поводом для написания этой статьи стало стойкое ошибочное мнение многих технических специалистов о повышенной энергоэффективности VRF-систем с водяным охлаждением конденсатора. «Спойлер», вынесенный в заголовок, очевиден для автора этой статьи по одной простой причине — чем больше промежуточных теплообменников в любой холодильной установке, тем больше перепад температур в цикле Карно и тем хуже энергоэффективность. Но, по-видимому, это очевидно не для всех. Поэтому рассмотрим вопрос сравнительной энергоэффективности систем VRF с воздушным и водяным конденсатором.

Автор: Сергей БРУХ, технический директор WHEIL по VRF-системам, технический редактор журнала С.О.К., автор книги «VRF-системы кондиционирования воздуха»

Системы VRF с водяным охлаждением конденсатора появились в 1998 году, когда компания Mitsubishi Electric первой внедрила в производство данный тип оборудования с единственной целью — возможностью кондиционирования высотных зданий. Дело в том, что классические системы VRF были хороши всем — компактны и энергоэффективны, за счёт модульности способны кондиционировать любое по размерам здание. Кроме одного критерия — ограниченного перепада высот между наружным и внутренними блоками. На тот период эта величина составляла 50 м (сегодня максимально допустимый перепад высот — 90–110 м).

Поэтому было придумано классическое решение — охлаждение конденсаторов с помощью воды или водных незамерзающих растворов. Перепад высот при этом может быть практически любым и ограничен только прочностью водяных трубопроводов. В этом случае при необходимости ставился промежуточный теплообменник «вода–вода», и снова перегретую воду можно было удалять как угодно высоко (рис. 1). Это не очень удачный выбор с точки зрения энергоэффективности, но энергоэффективность и не была целью данного решения.

Так откуда возник миф о малом энергопотреблении VRF-систем с водяным охлаждением конденсатора? Ответ: от лукавства поставщиков оборудования и невнимательности заказчиков. Если мы посмотрим на характеристики систем VRF в каталогах, то увидим следующие цифры (табл. 1). Для корректности сравнения приводим цифры одного известного производителя (L).

Характеристики VRF-систем по каталогам табл. 1

Охлаждение конденсатора	**Воздушное**	**Водяное**
Охлаждающая среда, номинальные условия	**Воздух (+35 °C)**	**Вода (+30 °C)**
Модель, HP	10	10
Производительность, кВт	28	28
Энергопотребление, кВт	5,80	5,09
EER	**4,83**	**5,50**

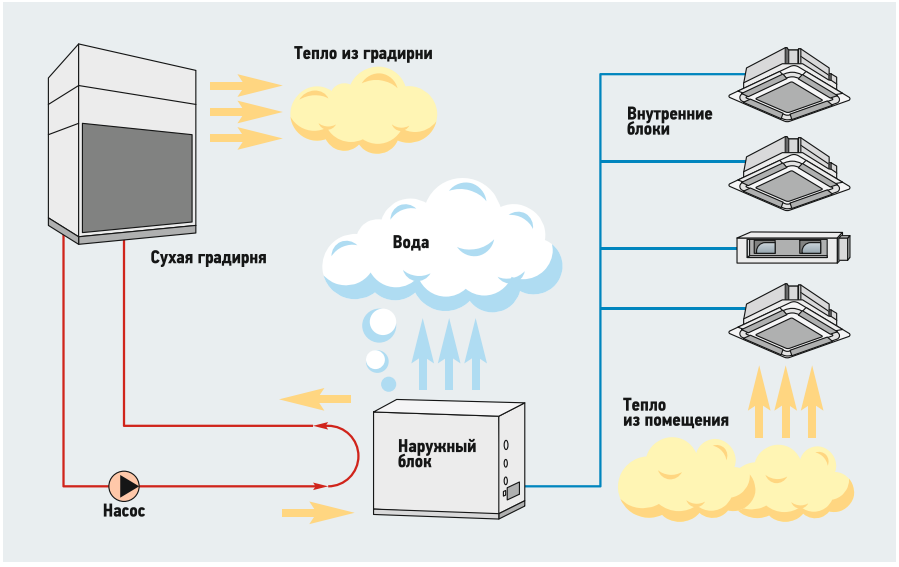


Рис. 1. Схема функционирования систем VRF с водяным охлаждением конденсатора

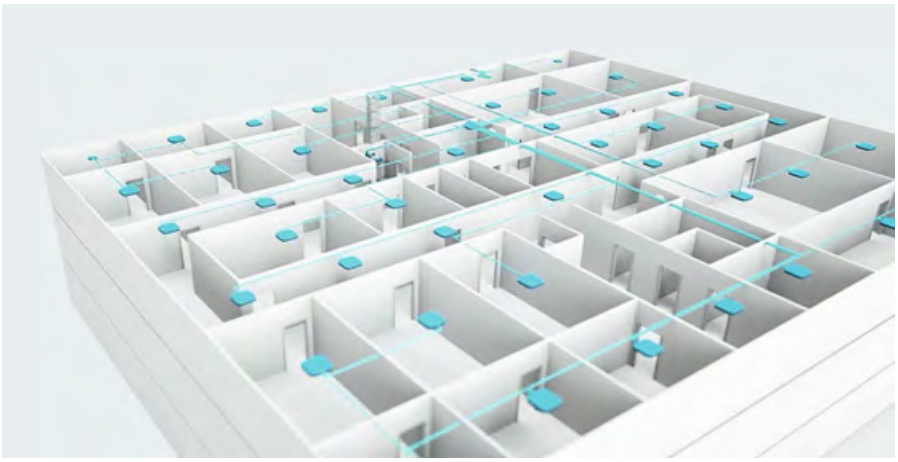


Фото: Daikin, daikinac.com

То есть при сравнении величины EER из каталожных таблиц у заказчиков складывается впечатление, что этот показатель у водяных систем выше, а значит, и энергоэффективность водяных систем, естественно, тоже выше.

Однако «дьявол прячется в деталях», и всё самое важное пишется самым мелким шрифтом. И что же написано мелким шрифтом под каждой таблицей в каталогах? Производительность указана при номинальных параметрах: температура в помещении +27 °C, уличная температура +35 °C, температура охлаждающей воды на входе в конденсатор +30 °C.

Температура внутреннего воздуха нас пока не интересует, она будет одинакова для наших сравниваемых систем (27 °C сухого термометра, 19 °C влажного термометра). Теперь давайте зададим главный вопрос: какую минимальную температуру охлаждающей воды мы можем получить в сухом охладителе (драйкулере) при наружной температуре +35 °C? При бесконечно большом теплообменнике получим те же +35 °C, но это практически нереально. А при реальных размерах теплообменника мы получим воду с температурой на 5–10 °C выше, чем охлаждающий её воздух. То есть действительная температура воды на входе в конденсатор VRF-системы будет не +30 °C, а в лучшем случае +40 °C, а реальнее — +45 °C.

И как же изменятся характеристики энергопотребления водяной системы VRF при этих условиях?

Для более подробных расчётов производители размещают таблицы изменения характеристик систем в реальных условиях (пример приведён в табл. 2).

Мы видим, что, во-первых, производительность водяных VRF-систем резко упала: блоки выдают уже не 28 кВт холода, а 25,2 и 23,8 кВт, соответственно. А энергопотребление, наоборот, возросло. Коэффициент энергетической эффективности в режиме охлаждения опустился до четырёх единиц: 4,18 и 3,56, что значительно ниже EER для систем воздушного охлаждения того же производителя.

Какую минимальную температуру охлаждающей воды мы можем получить в драйкулере при наружной температуре +35 °C? При бесконечно большом теплообменнике получим +35 °C, но это практически нереально. А при реальных размерах теплообменника мы получим воду с температурой на 5–10 °C выше, чем охлаждающий её воздух. То есть действительная температура воды на входе в конденсатор VRF-системы будет не +30 °C, а в лучшем случае +40 °C, а реальнее — +45 °C

Но, возможно, это просто производитель «неправильный», а у других всё по-другому? Давайте для чистоты выводов посмотрим на другого не менее известного производителя (M) систем VRF с воздушным и водяным охлаждением (табл. 3).

Ничего практически не поменялось, воздушные VRF другого производителя в реальных условиях сравнения показывают бóльшую производительность и меньшее энергопотребление, чем VRF с водяным конденсатором.

Но наше сравнение на этом не заканчивается. Дело в том, что систему кондиционирования нужно рассматривать в комплексе. То есть система с воздушным конденсатором не требует других, так скажем, энергетических элементов, кроме наружного и внутреннего блоков. Система с водяным конденсатором требует отдельной системы отвода тепловой энергии: водяного контура, который содержит два дополнительных энергопотребляющих элемента. Это насос и воздушный охладитель воды (драйкулер). Драйкулер может быть по конструкции «сухой» и «мокрый», мы чуть позже рассмотрим оба варианта. Оба этих элемента расходуют электроэнергию, и не учитывать их в балансе выработки холода неправильно.

Изменение характеристик систем в реальных условиях у производителя L табл. 2

Охлаждение конденсатора	**Воздушное**	**Водяное**	**Водяное**
Охлаждающая среда	**Воздух (+35 °C)**	**Вода (+40 °C)**	**Вода (+45 °C)**
Модель, HP	10	10	10
Производительность, кВт	28,0	25,2	23,8
Энергопотребление, кВт	5,80	6,03	6,68
EER	**4,83**	**4,18**	**3,56**

Изменение характеристик систем в реальных условиях у производителя M табл. 3

Охлаждение конденсатора	**Воздушное**	**Водяное**	**Водяное**
Охлаждающая среда	**Воздух (+35 °C)**	**Вода (+40 °C)**	**Вода (+45 °C)**
Модель, HP	10	10	10
Производительность, кВт	28,0	26,6	23,8
Энергопотребление, кВт	5,87	6,86	8,08
EER	**4,77**	**3,88**	**2,94**

Итак, энергопотребление насоса пропорционально произведению производительности насоса на перепад давления и обратно пропорционально КПД. Давайте укрупнённо посчитаем величину добавочных энергозатрат на циркуляцию водяного контура.

Во-первых, производительность насоса рассчитывается исходя из требуемого температурного перепада на конденсаторе (как правило, это 5°С). При большем перепаде температуры мы экономим на насосах и трубопроводах, но получаем более высокую температуру конденсации и дополнительный расход энергии компрессоров. И это перекрывает всю экономию. При меньшем перепаде (2–3°С) мы немного увеличиваем энергоэффективность холодильного цикла, но в два раза увеличиваем расход воды и, соответственно, затраты на её перемещение.

Есть ещё один нюанс, про который часто забывают в проектах: какое количество тепла сбрасывает наружный блок с номинальной холодопроизводительностью 28 кВт? Часто в проектах при расчёте воздушных охладителей используют только холодильную мощность, что приводит к ошибке примерно в 30%.

При большем перепаде температуры мы экономим на насосах и трубопроводах, но получаем более высокую температуру конденсации и дополнительный расход энергии компрессоров. И это перекрывает всю полученную ранее экономию

На конденсаторе холодильной установки сбрасывается не только энергия, полученная испарителем, но и энергия сжатия компрессора. Итого данные для расчёта водяного контура нашего примера приведены в табл. 4.

Энергоэффективность в режиме частичной нагрузки

По результатам табл. 4 видно, что энергоэффективность воздушных систем VRF в полтора раза выше, чем водяных. Но мы сделали расчёт в максимальном режиме загрузки — 100%. Бóльшую часть времени системы кондиционирования работают с частичной загрузкой и при средней температуре наружного воздуха. Просчитаем и этот вариант: возьмём загрузку наружного блока 50% и наружную температуру +25°С. Ранее мы уже определили, что температура охлаждаемой воды больше температуры наружного воздуха на 5–10°С. Так как у нас в два раза снижается количество отвода тепла, то вполне логично применить высокоэффективные насосы с частотным регулированием. Снижение производительности в два раза приведёт к снижению энергопотребления насоса в четыре раза. Драйкулер отключит часть вентиляторов и также снизит своё энергопотребление в два раза (табл. 5).

В итоге в режиме частичной нагрузки EER на всех системах вырастет и составит: на воздушных VRF — более восьми единиц, на водяных VRF-системах — около пяти единиц.

Данные при полной нагрузке наружного блока — табл. 4

Охлаждающая среда	Воздух (+35°С)	Вода (+40°С)	Вода (+45°С)
Охлаждение конденсатора	**Воздушное**	**Водяное**	**Водяное**
Модель, HP	10	10	10
Производительность, кВт	28,0	25,2	23,8
Энергопотребление, кВт	5,80	6,03	6,68
EER без учёта гидравлического контура	4,83	4,18	3,56
Количество тепла на конденсаторе, кВт	33,80	31,23	30,48
Расход охлаждающей воды, л/мин.	нет	96	96
Энергопотребление насоса, кВт	нет	0,44	0,44
Энергопотребление сухого охладителя, кВт	нет	1,78	0,89
Итого энергопотребление, кВт	5,80	8,25	8,01
Итого EER	**4,83**	**3,05**	**2,97**

Данные при частичной нагрузке наружного блока — табл. 5

Охлаждающая среда	Воздух (+25°С)	Вода (+30°С)	Вода (+35°С)
Охлаждение конденсатора	**Воздушное**	**Водяное**	**Водяное**
Модель, HP	10	10	10
Загрузка наружного блока, %	50	50	50
Производительность, кВт	14	14	14
Энергопотребление, кВт	1,65	1,82	2,02
EER без учёта гидравлического контура	8,48	7,69	6,93
Количество тепла на конденсаторе, кВт	15,65	15,82	16,02
Расход охлаждающей воды, л/мин.	нет	48	48
Энергопотребление насоса, кВт	нет	0,11	0,11
Энергопотребление сухого охладителя, кВт	нет	0,89	0,44
Итого энергопотребление, кВт	1,65	2,82	2,58
Итого EER	**8,48**	**4,96**	**5,43**

Применение драйкулеров открытого (испарительного) типов

Одним из аргументов в пользу водяных VRF-систем приводят возможность использования адиабатического охлаждения циркуляционной воды и повышения энергетической эффективности. Рассмотрим и этот вариант (рис. 2).

При открытом контакте нагретой воды с воздухом возникает эффект испарения и дополнительного адиабатического охлаждения воды. Как этот процесс выглядит на диаграмме «энтальпия–влагосодержание», показано на рис. 3.

Как видно из рис. 3, при номинальных параметрах наружного воздуха +35°С и влажности 50% мы можем охладить воду с помощью испарения до +26°С. Это если процесс идёт бесконечно долго или поверхность испарения у нас бесконечных размеров. В реальных «мокрых» драйкулерах процесс охлаждения идёт не до конца (линия 100% влажности), и воду можно охладить максимум от +35 до +30°С. К тому же не нужно забывать о принципиальных недостатках испарительного охлаждения:

1. Драйкулер открытого типа является одновременно скруббером*, прекрасно улавливающим крупные, средние и мелкие пылинки из воздуха и быстро накапливающим их в циркуляционной воде. Раз в две-четыре недели воду необходимо основательно чистить или менять.

2. Вода испаряется, поэтому и происходит охлаждение. При испарении происходит накапливание всех солей, пришедших из подпиточной воды. Соли жёсткости будут быстро забивать всё, что можно забить, от насосов до запорных клапанов.

* Скруббер (англ. *scrubber*, от глагола *to scrub — скрести, чистить*) — устройство, используемое для очистки твёрдых или газообразных сред от примесей в различных химико-технологических процессах.

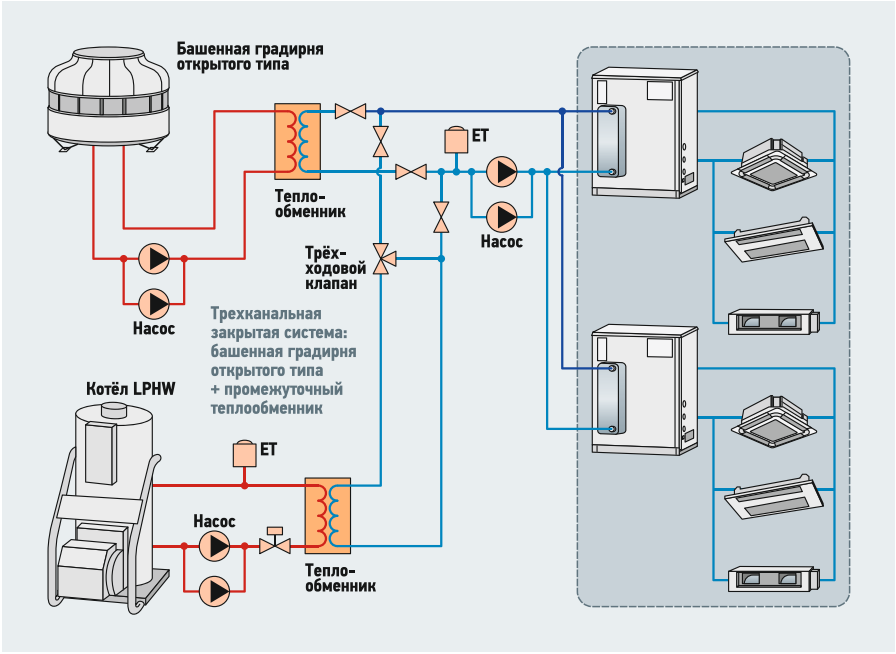


Рис. 2. Обвязка VRF-систем с водяным охлаждением конденсатора и «мокрым» драйкулером

3. Невозможно использовать систему зимой, так как вода будет просто замерзать. Сухие драйкулеры могут быть заполнены растворами гликоля, поэтому системы можно эксплуатировать круглый год.

4. Вода испаряется только при относительной влажности воздуха менее 100%. Если недавно прошёл дождь или сам по себе климат влажный — испарительное охлаждение не работает.

Но в целом — да, водяные VRF-системы можно использовать с драйкулерами мокрого типа, и это даст дополнительное охлаждение воды примерно на 5°C. Но тогда необходимо рассматривать аналогичный вариант и для VRF-систем с воздушным конденсатором. А именно — орошение конденсатора водой для его дополнительного охлаждения.

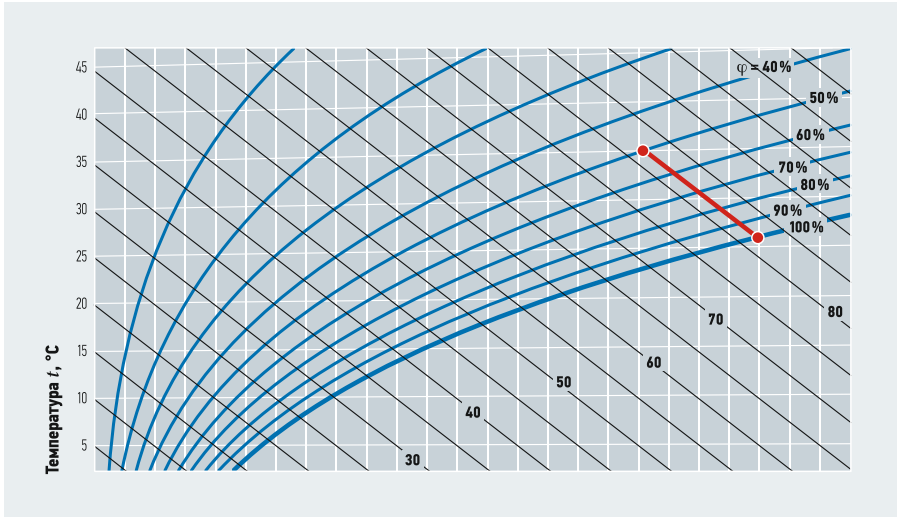


Рис. 3. Максимально возможное адиабатическое охлаждение воды при стандартных параметрах воздуха

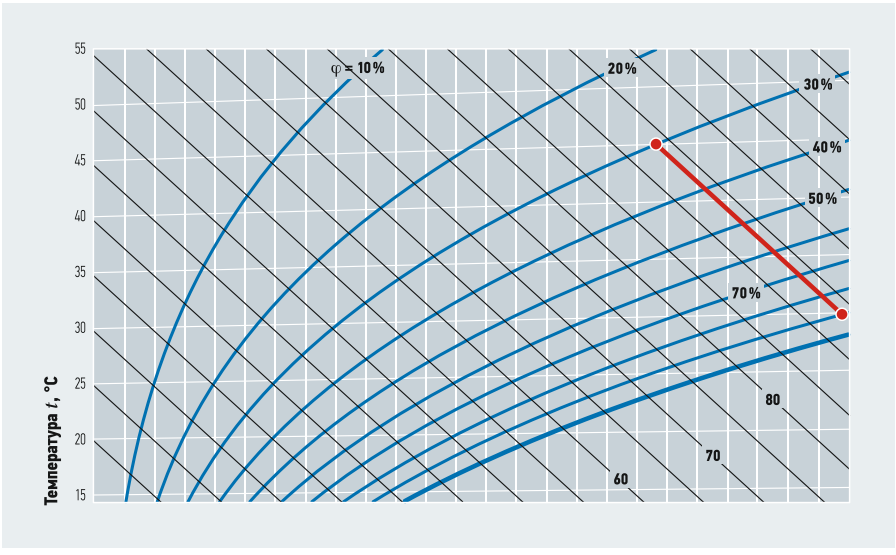


Рис. 4. Адиабатическое охлаждение конденсаторов наружных блоков систем VRF с воздушным охлаждением

В этом случае возникает интересный эффект. Температура конденсации хладагента при номинальных условиях составляет 45–47°C. Вода, попадая на теплообменник конденсатора, быстро приобретает такую температуру и начинает испаряться активнее, чем при температуре окружающего воздуха. В результате потенциал адиабатического охлаждения получается значительно выше, и орошение способно снизить температуру конденсации воздушных VRF на 10°C, повысив энергоэффективность в жаркие дни. Один из возможных вариантов — осуществлять орошение конденсаторов наружных блоков дренажной водой из внутренних блоков.

Во-первых, дренаж не содержит солей, поэтому нет проблем с дальнейшей очисткой теплообменников. Во-вторых, максимальное выделение дренажа возникает именно в жаркие и влажные дни. Поэтому этот способ является самым простым и логичным.

Выводы

1. Энергоэффективность систем VRF с водяным охлаждение конденсатора в полтора-два раза ниже, чем у VRF-систем с воздушным конденсатором.

2. Область оптимального применения VRF-систем с водяным охлаждением конденсатора — здания высотой более 100 м, когда невозможно использовать VRF-системы с воздушным конденсатором. Но и в этом случае оптимально верхние этажи по возможности кондиционировать с помощью классических воздушных VRF, а нижние — с помощью водяных VRF.

3. Капитальные затраты на кондиционирование с помощью VRF с водяным конденсатором примерно в два раза больше, чем в случае с применением классических воздушных VRF.

Влияние эффекта тяги на воздухообмен в высотном жилом здании

Целью исследования является анализ распределения воздуха в системах вентиляции высотных жилых зданий с естественным притоком и механической вытяжкой. Для анализа влияния гравитационного давления на работу систем вентиляции в настоящем исследовании были приняты следующие допущения:

- ветровое давление отсутствует;
- во всем объёме высотного жилого здания поддерживается температура воздуха, равная +20 °С;
- температура наружного воздуха по высоте принята постоянной, хотя известно из метеорологических данных, что изменение температуры по высоте составляет 1 °С на 100 м высоты;
- межкомнатные двери считаются открытыми, так как на практике это распространённое явление;
- воздухопроницаемость окон, входных дверей в квартиры и наружных входных дверей принята согласно [1], значения приведены в табл. 1.

Влияние эффекта тяги на воздушный режим здания

Естественное движение воздуха внутри здания зависит от факторов, среди которых особое место занимает перепад давления, вызванный разницей температур внутри и снаружи здания:

$$P = (z_2 - z_1)(g_н - g_в), \text{ Па}, \quad (1)$$

где z_1 и z_2 — геодезические отметки высот, м; $g_н$ и $g_в$ — удельные веса наружного и внутреннего воздуха, Н/м^3.

Значительное гравитационное давление создаёт ряд проблем, которые вызывают трудности при эксплуатации высотных зданий. К ним относятся:

1. Большие перепады давления на дверях. В холодный период года из-за большой величины гравитационного давления на поверхностях дверей могут возникать давления, превышающие 150 Па [2], что

Значительное гравитационное давление создаёт ряд проблем, которые вызывают определённые трудности при эксплуатации высотных зданий

создаёт необходимость учитывать эффект тяги при проектировании высотных зданий.

2. Сквозняки и шум. Высокая скорость воздушных потоков, проходящих через узкие зазоры, дверные щели, решётки системы вентиляции, может стать причиной свиста, который вызывает дискомфорт у пребывающих в здании людей.

3. Интенсивная инфильтрация. Из-за неучтённых повышенных расходов наружного воздуха могут возникнуть эксплуатационные издержки, выраженные в большем потреблении как тепловой, так и электрической энергии.

5. Пожарная безопасность. При пожаре высокая подвижность воздуха может способствовать распространению огня и дыма вдоль основных путей эвакуации и может затруднить оперативный вывод людей из здания.

Мероприятия по минимизации негативных последствий эффекта тяги:

- применение конструкций, обеспечивающих более высокий уровень герметичности здания;
- установка револьверных дверей на входе в здание (такие двери позволяют собирать на них до 300 Па без проблем с их эксплуатацией);
- устройство тамбуров (способствует перераспределению перепадов давления на ограждающие конструкции);
- вертикальное зонирование лифтовых шахт и лестничных клеток (эффективная мера, однако её реализация приведёт к существенному усложнению структуры внутреннего пространства здания и к потере полезных площадей).

Рецензия эксперта на статью получена 10.10.2019 [Expert review on the article received on October 10, 2019].

УДК 697.952.2. Научная специальность: 05.23.03.

Влияние эффекта тяги на воздухообмен в высотном жилом здании

М. В. Самолетов, исполнительный директор компании ООО «ММ-Технологии»; **В.И. Воробьёв**, магистрант, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ)

Данная статья посвящена исследованию воздухообмена высотного жилого здания с естественным притоком и механической вытяжкой под влиянием гравитационного давления в различные периоды года. Рассмотрены основные проблемы, возникающие вследствие значительных перепадов давления на ограждающих конструкциях. В работе был проведён анализ распределения расходов воздуха в системах вентиляции и перепадов давления на элементах систем высотного жилого здания с естественным притоком и механической вытяжкой.

Ключевые слова: *вентиляция, гибридная вентиляция, стак-эффект, эффект тяги, воздухообмен, механическая вытяжка, естественный приток, математическое моделирование, высотные здания.*

UDC 697.952.2. The number of scientific speciality: 05.23.03.

The influence of stack effect on air exchange in a high-rise residential building

M. V. Samoletov, executive officer of "MM-Technologies", LTD; **V. I. Vorobyev**, graduate student, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU)

This article is devoted to the study of air exchange of high-rise residential building with natural inflow and mechanical extraction under the influence of gravitational pressure in different periods of the year. The main problems arising as a result of significant pressure differences on the enclosing structures are considered. The analysis of the distribution of air flow in ventilation systems and pressure differences on the elements of high-rise residential building systems with natural inflow and mechanical extraction was carried out.

Keywords: *ventilation, hybrid ventilation, stack effect, air exchange, mechanical extraction, natural inflow, mathematical modeling, high-rise buildings.*

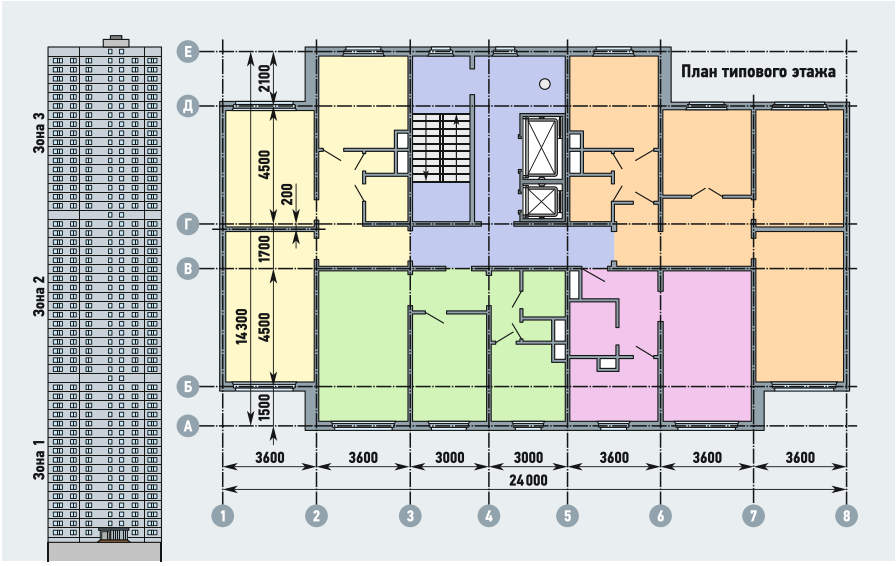


Рис. 1. Схема зонирования (слева) и план типового этажа (справа) [жёлтым — квартира А; зелёным — квартира Б; розовым — квартира В; оранжевым — квартира Г; синим — МОП]

Исходные данные

Для исследования принято здание высотой 163 м, вертикально разделённое на три зоны по 17 этажей (рис. 1). Высота этажа 3 м. Вертикальные зоны разделены техническими этажами, где располагается инженерное оборудование. Высота зоны принята равной 51 м, что соответствует 17 этажам. На типовом этаже каждой зоны располагаются четыре квартиры.

Системы механической вытяжной вентиляции

Расчёт воздухообмена произведён при условии соблюдения баланса между количеством приточного и удаляемого воздуха с учётом норм минимального воздухообмена [3, 4, 5]. Подача наружного воздуха в квартиры предусмотрена с помощью приточных устройств, которые монтируются в конструкцию окон и позволяют осуществлять аэрацию помещения без необходимости открытия окон. Удаление воздуха из верхней зоны помещения осуществляется через канал-спутник, в который встроено вытяжное устройство. Его регулирование выполняется путём изменения площади живого сечения.

В здании применена механическая вытяжная система вентиляции, в которой воздух движется по общему вертикальному сборному каналу. В сборный канал воздух попадает из квартир через каналы-спутники. На технических этажах вытяжные сборные каналы объединяются в шахты, которые ведут на кровлю (рис. 2). В оголовке каждой шахты установлен крышный вентилятор, который начинает работать при снижении суммарного расхода воздуха по шахте на 10 % от расчётного значения.

Исходные данные для моделирования

Всего рассмотрено три воздушных режима здания, которые отличаются по температуре наружного воздуха (табл. 1).

Режим 1. Расчётный период. Позволяет оценить возможности системы вентиляции при расчётной для систем естественной вентиляции температуре наружного воздуха, равной +5 °С. Вытяжные вентиляторы третьей зоны включены.

Режим 2. Холодный период. Максимальная величина гравитационного давления будет при наиболее низких температурах наружного воздуха, и именно этот температурный режим будет критичным с точки зрения неравномерности воздухообмена и перепадов давления на дверях здания. Температура наружного воздуха в холодный период принята равной –25 °С. Вытяжные вентиляторы всех зон выключены.

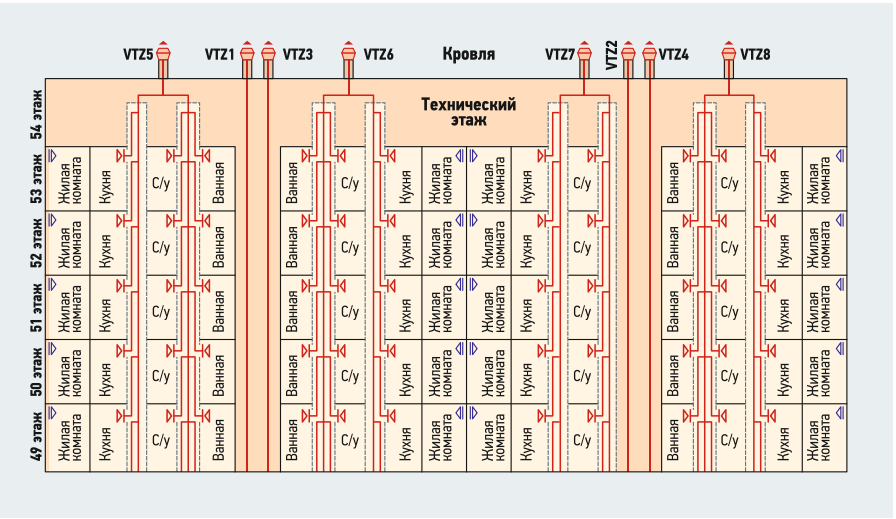


Рис. 2. Фрагмент принципиальной схемы систем вытяжной вентиляции

Монтажное регулирование систем вытяжной вентиляции произведено при температуре наружного воздуха +5 °С за счёт повышения сопротивления вытяжных устройств. Регулирование приточных устройств привело бы к появлению недопустимых скоростей в них и, как следствие, неприятного свиста в жилой зоне квартир.

Режим 3. Тёплый период. В тёплое время года температура наружного воздуха мало отличается от температуры воздуха внутри здания, следовательно, влияние гравитационного давления фактически отсутствует. Однако в этот период года представляет интерес распределение расходов воздуха по этажам вследствие работы вытяжных вентиляторов.

Характеристики воздухопроницаемых элементов табл. 1

№	Наименование воздухопроницаемых элементов	Сопротивление воздухопроницаемости, $(м^2 \cdot ч \cdot Па)/кг$	Воздухопроницаемость в IES, $м^3/(с \cdot м \cdot Па^{0,6})$
1	Входная дверь в здание	1,0	20
2	Проходная дверь тамбура	1,0	17
3	Дверь на лестничную клетку	1,0	17
4	Дверь в лифтовый холл	1,0	19
5	Входная дверь в квартиру	5,0	3
6	Окна жилого здания	0,7	20
7	Балконная дверь	0,7	21

Методика расчёта

Для расчёта воздушных режимов использовался модуль программного комплекса Integrated Environmental Solutions Virtual Environment (IES VE), необходимый для анализа инфильтрации и естественной вентиляции в зданиях. Он использует зональную модель воздушного потока для расчёта объёмного движения воздуха в здании. В IES VE воздухопроницаемые элементы можно задать способами, описанными ниже [6]. Воздухопроницаемый элемент, пропускающий воздух через щели, трещины (в модели это окна и двери).

Расход воздуха в таком случае можно определить по формуле:

$$q = CL\sqrt{\frac{\rho_{ref}}{\rho}}(\Delta P)^{0,6}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2)$$

где C — коэффициент воздухопроницаемости, м³/(с·м·Па^{0,6}); L — длина щели, трещины, чаще всего принимается периметр воздухопроницаемого элемента, м; ρ — плотность наружного воздуха, кг/м³; ρ_{ref} — плотность внутреннего воздуха, кг/м³; ΔP — перепад давлений на воздухопроницаемом элементе, Па.

Результаты расчёта режима 1 показали, что достигнут достаточно равномерный (±20%) воздухообмен по этажам. Исключением являются верхние этажи третьей зоны, для которых величина воздухообмена на 20–40% меньше расчётного

Воздухопроницаемый элемент, который рассматривается как отверстие в таких ограждающих конструкциях, как стены и перекрытия (в модели — это приточные и вытяжные устройства).

Расход воздуха в этом случае можно определить по следующей формуле:

$$q = 0{,}62\,S A_{op}\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3)$$

где S — эквивалентная площадь воздухопроницаемого элемента, м²/м²; A_{op} — площадь воздухопроницаемого элемента, м².

Анализ результатов моделирования

Режим 1. Результаты расчёта данного режима показали, что достигнут достаточно равномерный (±20%) воздухообмен по этажам. Исключением являются верхние этажи третьей зоны, для которых величина воздухообмена на 20–40% меньше расчётного. Величина суммарного расхода воздуха через вытяжные шахты представлена в табл. 2.

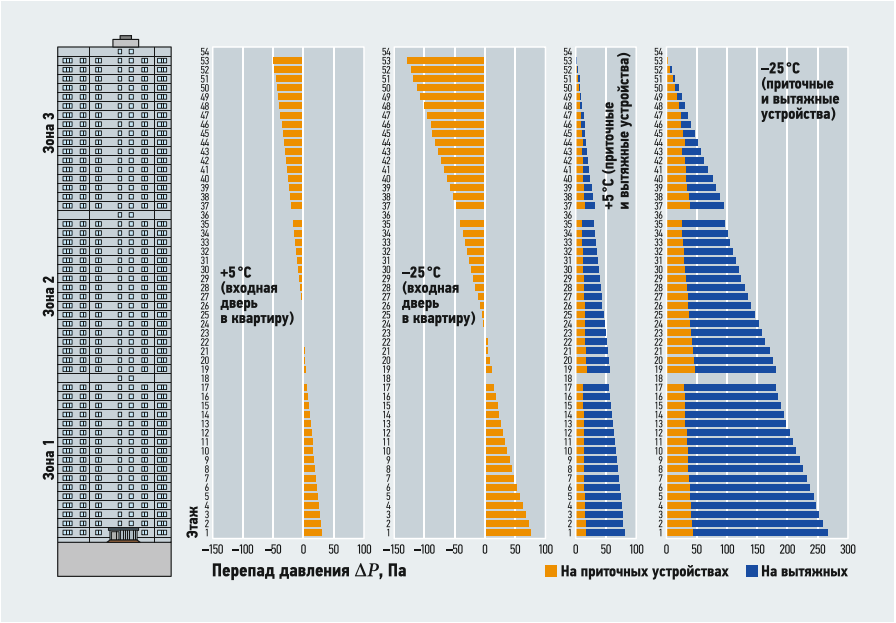
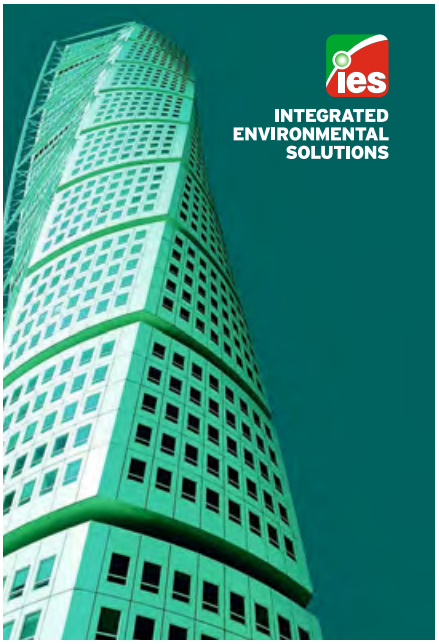


Рис. 3. Эпюры распределения перепадов давления по этажам здания



Режим 2. Получено, что для холодного периода года (–25 °C) обеспечение требуемого воздухообмена по этажам высотного здания затруднительно. Особо остро проблема повышенных расходов воздуха стоит для квартир первых двух зон с максимальной величиной гравитационного давления (125–340 Па). Если норма притока воздуха на квартиру 110 м³/ч, то в холодный период величина притока составит 230 м³/ч. Таким образом, монтажная настройка вытяжных устройств для расчётной температуры +5 °C не способна обеспечить требуемый воздухообмен для квартир всего здания (табл. 3).

Режим 3. Третий режим характеризуется равенством температур наружного и внутреннего воздуха. Этот режим отличается относительной равномерностью в распределении расходов воздуха по этажам здания (±1%).

Суммарный расход воздуха в процентах от расчётного (режим 1) табл. 2

Зона	Квартира А	Квартира Б	Квартира В	Квартира Г
1	110,0	110,0	102,7	112,5
2	108,7	108,7	102,6	100,8
3	99,0	99,0	99,0	99,1

Суммарный расход воздуха в процентах от расчётного (режим 2) табл. 3

Зона	Квартира А	Квартира Б	Квартира В	Квартира Г
1	202,8	202,8	189,5	207,9
2	201,5	201,5	190,3	186,4
3	161,6	161,6	151,4	145,7

Суммарный расход воздуха в процентах от расчётного (режим 3) табл. 4

Зона	Квартира А	Квартира Б	Квартира В	Квартира Г
1	99,2	99,2	99,2	99,2
2	99,2	99,2	99,3	99,2
3	99,4	99,4	99,3	99,2

Однако на верхних этажах третьей зоны наблюдается избыточный воздухообмен (17%), а на нижних — недостаточный (7%). Объясняется это соотношением сопротивлений вытяжных устройств, полученным при монтажном регулировании (табл. 4).

По результатам расчётов были построены эпюры распределения перепадов давления на входных квартирных дверях (слева на рис. 3).

Для расчётного режима максимальное значение перепада давления на входных дверях квартир не превышает 30 Па на нижних этажах и 50 Па — на верхних. В холодный период максимальные перепады давления на входных дверях квартир принимают значения, равные 75 Па на нижних этажах и 130 Па — на верхних. Очевидно, что в холодный период даже взрослому человеку придётся приложить большие усилия, чтобы открыть дверь.

На рис. 3 (справа) цветом обозначен перепад давления: оранжевым — на приточных устройствах, синим — на вытяжных. Величина суммарного перепада давления на приточных и вытяжных устройствах равномерно убывает с каждым этажом. Стоит отметить, что наибольший перепад давлений, равный 250 Па, присутствует на вытяжных устройствах.

Такие перепады давления могут привести к появлению шума и свиста, но вне жилой зоны квартир.

Выводы

С помощью математического моделирования были выявлены проблемы воздухообмена в высотном жилом здании, а именно:

- наличие недостаточного воздухообмена на последних этажах третьей зоны (ниже расчётного на 20–40%) при температуре наружного воздуха +5 °С;
- в холодный период года наблюдается избыточный воздухообмен для первых двух зон здания (230–330 м³/ч);
- в холодный период года на последних этажах третьей зоны расходы приточного воздуха ниже нормы на 40–60 м³/ч;
- формирование больших перепадов давления на входных дверях в квартиры (75–130 Па), из-за которых возникают трудности с эксплуатацией дверей;
- большие перепады давления (50–250 Па) на вытяжных устройствах станут причиной появления шума и свиста в квартирах нижних этажей здания.

Таким образом, основные проблемы воздухообмена в высотном жилом здании возникают в холодный период года. Данный режим требует дальнейшего исследования и разработки дополнительных компенсационных мер.

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. — М.: Минрегион России, 2012. 100 с.
2. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности. — М.: МЧС России, 2013. 30 с.
3. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. — Минстрой России, 2016. 104 с.
4. СП 54.13330. Здания жилые многоквартирные. — М.: Минстрой России, 2016. 65 с.
5. СТО НП «АВОК» 2.1–2008. Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена. — М.: НП «АВОК», 2004. 30 с.
6. MacroFlo User Guide. IES Virtual Environment 6.5. Integrated Environmental Solutions, Ltd. 2015. Web-source: iesve.com. Access data: September 2, 2019.
7. Малявина Е.Г., Бирюков С.В., Дианов С.Н. Воздушный режим высотного жилого здания в течение года. Часть 1. Воздушный режим при естественной вытяжной вентиляции // АВОК, 2004. №8. С. 6–12.
8. Малявина Е.Г., Бирюков С.В., Дианов С.Н. Воздушный режим высотного жилого здания в течение года. Часть 2. Воздушный режим при механической вытяжной вентиляции // АВОК, 2005. №1. С. 26–32.

References — see page 95.

На правах рекламы.

Новый газоанализатор testo 300 с технологией smart-touch

- Интуитивные меню измерений
- Легкозаменяемые универсальные зонды - высокая степень гибкости во время работы
- Создание и отправка отчетов по сети Wi-Fi непосредственно с места проведения замера

Добро пожаловать в Мир умных технологий Testo

info@testo.ru • +7(495)221-62-13 • www.testo.ru

Солнечное теплоснабжение в Краснодарском крае

Солнечная энергетика лидирует в мире среди всех видов возобновляемой энергетики. На 1 января 2019 года установленная мощность мирового солнечного теплоснабжения составляет 480 ГВт, а фотоэлектрических станций — 505 ГВт. В России установленная мощность солнечных электростанций (СЭС), работающих в энергосистеме страны, равна 960 МВт, а солнечного теплоснабжения, по экспертным оценкам, — 48 МВт (60 тыс. м^3), в том числе в Краснодарском крае 8 МВт (10 тыс. м^3). Данный регион является пионером наземного применения фотоэнергетики (с 1964 года), а также гелиоустановок для систем теплоснабжения.

Автор: В.А. БУТУЗОВ, д.т.н., Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина (КубГАУ)

Для солнечной энергетики важнейшее значение имеет достоверная информация о солнечной радиации. С 1964 года в Геленджикской базовой лаборатории Краснодарского филиала Всесоюзного института источников тока (ВНИИТ) велись измерения прямой, рассеянной и суммарной солнечной радиации. В 1989 году в работе [1] были предоставлены результаты обработки этих измерений, а также аналогичных данных метеостанций города Краснодара. Полученные результаты позволили избежать ошибки в 18% при использовании климатологического справочника [2].

В 1994 году институт «Ленгидропроект» (Санкт-Петербург) выполнил обработку результатов измерений 40 метеостанций Краснодарского края [3] с учётом климатологического справочника [4]. Расчётные данные работы [3] в 2003 году были дополнены результатами обработки 15-летних измерений солнечной радиации городов Краснодара и Геленджика [5].

На рис. 1 представлена графическая интерпретация суммарной годовой солнечной радиации на территории региона в кВт·ч/м^2.

В 2000-х годах в работе [6] было выполнено сопоставление характеристик солнечной радиации на основе измерений метеостанций и американской компьютерной базы данных The NASA Surface meteorology and Solar Energy (NASA SSE) [7]. Установлено, что для проектирования гелиоустановок в условиях Краснодарского края использование данных [7] приводит к отклонениям до 55%. В тоже время их применение рекомендовано для предварительной оценки сроков окупаемости гелиоустановок (ГУ).

Развитие солнечного теплоснабжения в советское время осуществлялось в плановом порядке. В Совете Министров СССР (бюро по топливно-энергетическому комплексу) П.П. Безруких координировал работу по производству солнечных коллекторов (СК), разработке нормативных документов [8]. В Краснодарском крае под контролем крайкома КПСС действовала региональная программа развития ВИЭ, в том числе гелиоустановок. Инициатором её реализации в крае был главный инженер Управления жилищно-коммунального хозяйства крайисполкома В.Г. Кириллов. По его инициативе в 1986 году институтом ЦНИИ ЭПИО (Москва) был разработан проект солнечно-теплонасосной установки ГВС гостиничного комплекса «Приветливый берег» в городе Геленджике. Площадь ГУ с СК Братского завода равнялась 690 м^2, тепловая мощность тепловых насосов, повышающий температурный градиент теплоносителя ГУ, составила 700 кВт. Выполнение функции заказчика этой ГУ было поручено В.А. Бутузову. По ряду причин этот проект не был реализован.

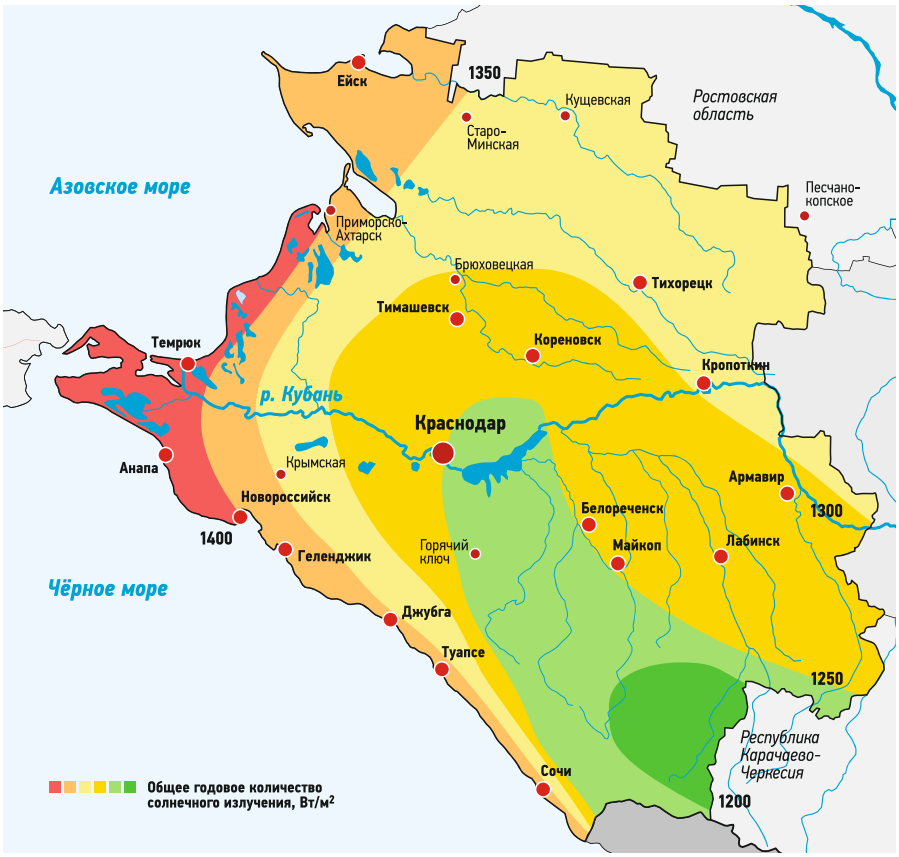


Рис. 1. Солнечная радиация Краснодарского края

Рис. 2. Гелиоустановка котельной в Анапе (ул. Крымская, д. 34)

Практическое сооружение гелиоустановок на Кубани было начато в 1985 году заместителем главного инженера производственного объединения «Кубаньтеплокоммунэнерго» В.А. Бутузовым при поддержке генерального директора этого объединения П.С. Сургучева. Первая гелиоустановка была построена в 1987 году в городе Анапе на котельной городской больницы (адрес: ул. Крымская, д. 34) при поддержке и помощи директора предприятия «Тепловые сети» этого города П.И. Ачкинадзе (1944 г.р.). Установленная мощность этой ГУ составляла 320 кВт, площадь СК — 400 м² (рис. 2).

Первоначально на этой гелиоустановке были установлены солнечные коллекторы Братского завода со стальными абсорберами на навесе и Киевского завода с алюминиевыми абсорберами на кровле котельной. Теплоносителем был специальный состав (АСОЛ-У). Практически ГУ работала на химически очищенной воде (одноступенчатое Na-катионирование). Ориентация СК южная, угол наклона 45° к горизонту. Гелиоконтур включал СК, кожухотрубный теплообменник, насосы. Догрев воды после ГУ производился в теплообменнике котельной. После первых лет эксплуатации обнаружились массовые повреждения СК Братского завода: трещины стёкол, полимеризация герметизирующей стекло мастики Guerlain («Герлен»), проникновение дождевой влаги в СК, смещение теплоизоляции и коррозия абсорбера при её намокании, повреждения и коррозия лакокрасочного покрытия корпусов СК в условиях морского климата. Через пять лет, в 1992 году, солнечные коллекторы Братского и Киевского заводов были заменены на продукцию Тбилисского завода, более надёжную в эксплуатации при сохранении той же мощности [9].

Вторая гелиоустановка была построена в 1988 году на кровле трёхэтажного административного здания объединения «Кубаньтеплокоммунэнерго» в Краснодаре (адрес: ул. Захарова, д. 35/1). 360 СК, произведённые предприятием «Спецгелиотепломонтаж» (Тбилиси) общей площадью 216 м² обеспечивали предварительный нагрев воды на ГВС рядом расположенной котельной. Ориентация СК южная, угол наклона 45° к горизонту. Схема ГУ — одноконтурная.

В том же 1988 году в городе Усть-Лабинске на кровле котельной по ул. Коллективной были смонтированы 180 «грузинских» СК общей площадью 108 м². Гелиоустановка обеспечивала горячее водоснабжение детского сада, расположенного в 500 м от котельной. Гелиоконтур включал в себя СК, насос, тепловые сети и теплообменник, установленный в здании детского сада.

Рис. 3. Гелиоустановка издательства «Советская Кубань» в Краснодаре

Практическое сооружение гелиоустановок на Кубани было начато в 1985 году заместителем главного инженера производственного объединения «Кубаньтеплокоммунэнерго» В.А. Бутузовым при поддержке генерального директора этого объединения П.С. Сургучева

Особенностью гелиоустановки издательства «Советская Кубань» по ул. Шаумяна в Краснодаре, построенной в 1989 году (рис. 3), площадью 260 м² (432 «грузинских» СК), являлось применение самодренируемой схемы. Баки-аккумуляторы и насосы были установлены на 10 м ниже коллекторов и при остановке насосов вода из СК сливалась в баки. При выполнении работ по гидравлической увязке блоков СК удалось повысить КПД гелиоустановки на 10%.

В 1989 году в городе Тимашевске на котельной по ул. Чапаева была смонтирована ГУ площадью 326 м² с солнечными коллекторами Братского завода, абсорберы которых имели гальваническое покрытие «чёрный хром». В том же году был завершён монтаж гелиоустановки котельной в посёлке Верхнебаканском города Новороссийска, площадью 250 м² (417 «грузинских» СК).

С учётом изложенного, в 1987–1989 годах были построены шесть гелиоустановок общей площадью 1560 м² с солнечными коллекторами основных российских производителей: Братского завода и объединения «Спецгелиотепломонтаж». Применялись открытые и закрытые схемы с использованием специального теплоносителя, самодренируемая схема, гидравлическая увязка блоков СК.

Рис. 5. Гелиоустановка базы отдыха «Рассвет» в станице Благовещенской около Анапы

Второй этап развития гелиотехники на Кубани был после защиты В.А. Бутузовым в 1987 году кандидатской диссертации и организации Краснодарской базовой лаборатории Академии коммунального хозяйства. Помимо работ по исследованию характеристик солнечной радиации региона, проводились испытания и наладочные работы ранее построенных ГУ, обобщение опыта их эксплуатации, разработка норм их проектирования. На кровле здания лаборатории в Краснодаре (адрес: ул. Захарова, д. 35/1) был построен испытательный стенд, на котором проводились натурные испытания со сравнением характеристик стандартных (серийно производимых) и разработанных лабораторией СК с листотрубными абсорберами (медь-медь, алюминий-алюминий, регистровые и змеевиковые конструкции), со стеклом толщиной 4 мм, корпус рамный из алюминиевого профиля, теплоизоляция — пенопласт, тыльное покрытие — гетинакс. Всего были разработаны, изготовлены и испытаны четыре основные конструкции солнечных коллекторов.

Третий этап развития гелиоустановок, с 1993 года, был основан на долголетнем сотрудничестве с Ковровским механическим заводом (КМЗ). Главный конструктор завода А.А. Лычагин (1933–2012) по собственной инициативе разработал конструкцию СК с абсорбером из латунной трубки, на каждую из которых были наплавлены алюминиевые ребра. Габариты СК составляли 940×940×100 мм. А.А. Лычагина отличали высокий интеллект, широкий кругозор, культура. Создав поколение ракет «земля-воздух», в 1990-е годы специалист искренне увлёкся гелиотехникой. Совместно с В.А. Бутузовым были созданы, с учётом опыта эксплуатации, несколько новых конструкций солнечных коллекторов. Была разработана, испытана, защищена авторскими свидетельствами конструкция СК с оптимальным соотношением цены и энергетической эффективности. Вместо наплавленных алюминиевых рёбер на трубки абсорбера контактной сваркой крепились ребра из листовой стали. Упрощённая и надёжная конструкция, герметизации стёкол, удешевлённая теплоизоляции корпуса, новое лакокрасочное покрытие отличали этот солнечный коллектор. На заводе был создан испытательный стенд для солнечных коллекторов, разработаны новые методики испытания. Всего КМЗ произвёл более 3000 СК, установленных в основном в Краснодарском крае.

Была разработана, испытана, защищена авторскими свидетельствами конструкция СК с оптимальным соотношением цены и энергетической эффективности. Упрощённая и надёжная конструкция, герметизации стёкол, удешевлённая теплоизоляции корпуса, новое лакокрасочное покрытие отличали этот солнечный коллектор

На этом этапе развития были достигнуты максимальные объёмы сооружения гелиоустановок. Эти результаты были получены совместно с организацией в 1994 году д.т.н. В.А. Бутузовым и к.т.н. Л.А. Репиным (1944–2014) акционерного общества «Южно-Русская энергетическая компания» («ЮРЭК»), одним из учредителем которого было учреждение «Госэнергонадзор» объединения «Кубаньэнерго»: директор Д.Н. Севастиди, главный инженер А.Е. Янаки, руководитель инспекции «Энергонадзора» Н.И. Нечитайло. С их помощью было организовано массовое внедрение гелиоустановок, в первую очередь для замещения электронагрева. Десятки сооружаемых гелиоустановок отличались разнообразными техническими решениями.

Гелиоустановка локомотивного депо в Тихорецке площадью 96 м^2 с СК КМЗ (рис. 4) была выполнена по самодренируемой схеме. Она имела самый малый срок окупаемости (шесть месяцев), так как заменила паровоз на мазуте, работавшего с КПД 20% на горячее водоснабжение. Для баз отдыха на побережьях Чёрного и Азовского морей сооружались гелиоустановки с естественной циркуляцией (рис. 5). Баки-аккумуляторы из чёрного металла имели внутренне коррозионно-устойчивое лакокрасочное покрытие. В ЮРЭК был организован полный технологический цикл: проектирование, совместное с КМЗ производство СК, комплектация и монтаж ГУ. Ежегодно монтировались до 17 гелиоустановок. В 2000 году в составе ЮРЭК было создано специализированное предприятие по ГУ — ООО «Теплопроектстрой».

Рис. 4. Гелиоустановка локомотивного депо в Тихорецке

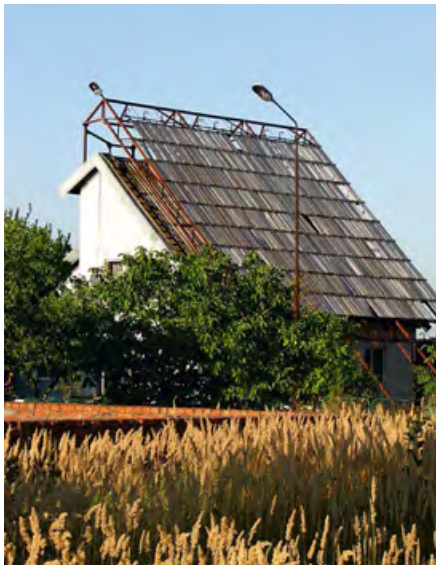


Рис. 6. Дом в посёлке Черноморском

и построила, помимо фотоэлектрических установок, около десятка гелиоустановок для горячего водоснабжения. Этими работами руководил Е.П. Масягин. Им была разработана дешёвая и надёжная листотрубная конструкция абсорбера из чёрного листового металла и полудюймовой стальной трубы. На рис. 7 представлена ГУ на кровле котельной базы отдыха Кубанского аграрного университета в посёлке Криница, площадью 130 м^2 (1997 год).

С 2005 года разработка и монтаж гелиоустановок переместились в АО «Южгеотепло», под руководством В.А. Бутузова после защиты им в 2004 году докторской диссертации. Центр энергосбережения и новых технологий (директор д.э.н. В.Х. Шетов), руководитель департамента по вопросам топливно-энергетического комплекса Краснодарского края В.В. Чепель и главный инженер П.П. Алёшин оказали большую поддержку в развитии гелиоустановок. В 2005 году была построена гелиоустановка угольной котельной в посёлке Солоники (Лазаревский район, город Сочи), площадью 258 м^2, которая позволила в летнее время заменить сжигание угля. Для нескольких котельных в Славянском и Кореновском районах Краснодарского края были сооружены ГУ, которые в летнее время высвободили операторов и обеспечили работу котельных в автоматическом режиме.

Рис. 7. Гелиоустановка котельной базы отдыха КубГАУ в посёлке Криница

Рис. 8. ГУ ЦРБ в городе Усть-Лабинске

Новым этапом развития гелиотехники на Кубани было применение самых современных для того времени солнечных коллекторов немецкого производителя фирмы WOLF, с использованием которых в 2011 году в Усть-Лабинске для горячего водоснабжения центральной районной больницы была построена самая большая в Краснодарском крае гелиоустановка площадью 600 м^2 (рис. 8). С такими же коллекторами в 2012 году в посёлке Розовом Лабинского района была построена геотермально-солнечная установка площадью 144 м^2 (рис. 9).

В 1990-е годы в Краснодарском крае велись наиболее масштабные в Российской Федерации работы по наземной фотоэнергетике. Объединение «Сатурн», основанное на базе Всесоюзного института источников тока (ВНИИТ, ныне АО «НПП Квант») в 1964 году, являлось вторым по объёмам производителем фотоэнергетики космических аппаратов и основным по наземной фотоэнергетики. В 1980-е в посёлке Черноморском Краснодарского края был построен первый в СССР «Солнечный дом». Над кровлей двухэтажного коттеджа были смонтированы фотоэлектрические панели, произведённые объединением «Сатурн» (рис. 6). Развитием наземной фотоэнергетики на «Сатурне» руководил к.т.н. М.Б. Закс (1944 г.р.). Основанная им фирма «Кварк» разработала

Рис. 9. Геотермально-солнечная установка посёлка Розовый Лабинского района

Рис. 10. Гелиоустановка детского лагеря в посёлке Дедеркой (Туапсе)

Развитием гелиоустановок в Сочинском государственном университете (Институт курортного дела и туризма) руководил д.т.н., профессор П.В. Садилов, заведующий кафедрой инженерной экологии. Инициатор возобновляемой энергетики, мастер парашютного спорта, он разработал и построил несколько гелиоустановок, в том числе в 1995 году в посёлке Лазаревском (Сочи) ГУ площадью 400 м², комбинированную гелиоустановку с тепловыми (48 м²) и фотоэлектрическими солнечными коллекторами Сочинского института курортологии, а также несколько теплонасосных установок.

С 2010 года стали строиться гелиоустановки с солнечными коллекторами фирмы Ariston (Италия). Самая большая гелиоустановка с этими коллекторами была построена в 2014 году для госпиталя Министерства обороны РФ в Анапе по Пионерскому проспекту — 325 м². С 2011 года в Краснодарском крае по инициативе М.Б. Закса стали монтироваться гелиоустановки с солнечными коллекторами израильской фирмы Amcor. Гелиоустановки с такими же коллекторами сооружались также ООО «Консул-Юг» под руководством А.Ю. Калинского.

С 2011 года и по настоящее время изготовлением плоских солнечных коллекторов собственной конструкции, а также монтажом гелиосистем с их применением в энергоэффективных зданиях занимается ООО «АльтЭнергия» под руководством А.В. Темерова.

С 2010 года стали строиться гелиоустановки с солнечными коллекторами фирмы Ariston. Самая большая ГУ с этими коллекторами была построена в 2014 году для госпиталя Министерства обороны РФ в Анапе

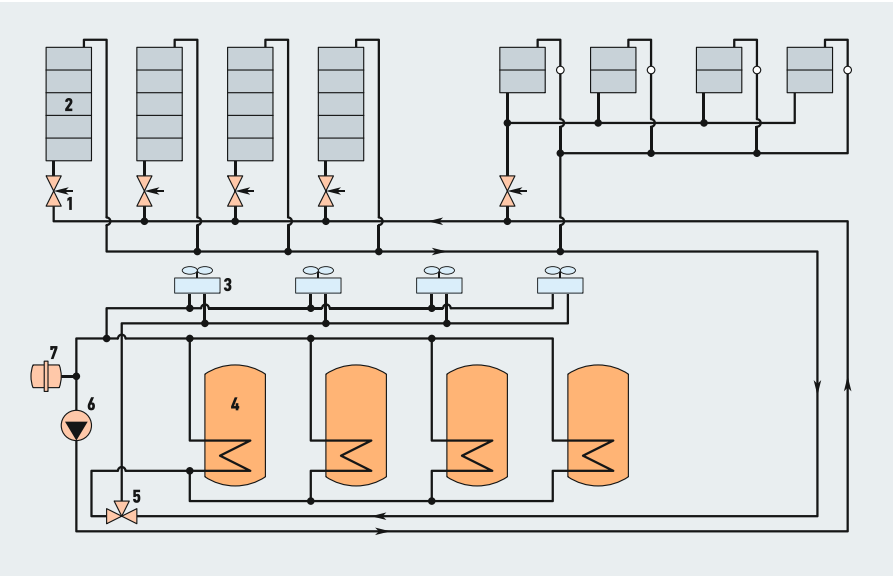


Рис. 11. Схема гелиоустановки детского лагеря в посёлке Дедеркой (**1** — балансировочные краны; **2** — солнечные коллекторы; **3** — установки расхолаживания; **4** — баки-аккумуляторы; **5** — клапан расхолаживания; **6** — насосы; **7** — расширительный бак)

В связи с отсутствием государственной поддержки, низкими ценами на органическое топливо и снижением курса рубля в 2015 году почти вдвое, в настоящее время в России серийное производство солнечных коллекторов отсутствует. В 2019 году в России СК производят по отдельным заказам две организации.

Компания ООО «Новый Полюс» предлагает солнечные коллекторы собственного изготовления типа «Ясolar» следующих видов: жидкостные, плоские, воздушные, воздушно-жидкостные, трубчатые вакуумные жидкостные. Конструкция жидкостного плоского солнечного коллектора предлагается в четырёх модификациях: три размерами 2070×1070×103 мм и одна 1073×1070×103 мм. Абсорбер — листотрубный медный. Лист с селективным покрытием Tinox штампуется с углублением под медную трубку диаметром 9 мм. Способ соединения листа и трубки — пайка безсвинцовым припоем. Солнечные коллекторы производства «Новый Полюс» не испытаны и не сертифицированы должным образом.

В 2019 году ООО «Новый Полюс» завершила строительство гелиоустановки для системы ГВС детского оздоровительного лагеря «Зелёный огонек» в посёлке Дедеркой (город Туапсе, Краснодарский край, рис. 10). На кровле столовой смонтированы 120 солнечных коллекторов типа «Ясolar» блоками по пять штук. Основные технические характеристики СК: площадь 2 м², абсорбер — медный листотрубный, паяный, собственного производства. Принципиальная схема гелиоустановки представлена на рис. 11. Схема ГУ — двухконтурная. Вспомогательное оборудование гелиоустановки размещено в отдельном модуле с размерами 8×3×4 м. Применены четыре бака-аккумулятора белорусского производителя с греющими змеевиками. Аварийное расхолаживание обеспечивается четырьмя тепловентиляторами, управляемыми контроллером ТРМ (ООО «Овен», Москва). Циркуляция теплоносителя (ЕСО «Сила солнца») — насосная. Работой ГУ управляет контроллер ТРМ. Ведётся дистанционный мониторинг работы ГУ через модем. Срок окупаемости составляет 4,5 года.

Второй российский производитель жидкостных солнечных коллекторов — АО «Военно-промышленная корпорация «Научно-производственное объединение машиностроения» — производит СК размерами 2008×1093×76,7 мм с двумя видами листотрубных абсорберов: медными и алюминиевыми. Стекло закалённое, узорчатое с антибликовым покрытием толщиной 3,2 мм, уплотнение стекла

Рис. 12. Гелиоустановка базы отдыха в селе Архипо-Осиповка

резиной EPDM. Конструкция корпуса — рамная из алюминиевого профиля. Теплоизоляция — толщиной 50 мм. СК данного производителя должным образом не испытаны и не сертифицированы.

ООО «Новая энергия» из города Горячий Ключ Краснодарского края смонтировало ГУ базы отдыха АО «ВПК «НПО Машиностроение» в селе Архипо-Осиповка Краснодарского края с 50 СК типа «Сокол-Эффект-М» собственного производства общей площадью 100 м² (рис. 12). СК размещены на кровле столовой, ориентация южная, угол наклона 45° к горизонту. Принципиальная схема представлена на рис. 13. СК скомпонованы в пять блоков по десять штук. Схема обвязки блоков СК — противоточная с балансировочными клапанами. Четыре бака-аккумулятора вместимостью по 2 м³ установлены в подвале здания. Гелиоконтур включает СК, змеевики баков-аккумуляторов, насосную станцию, установку аварийного расхолаживания, пластинчатый теплообменник дежурного отопления зданий. Баки-аккумуляторы из нержавеющей стали произведены в Республике Беларусь. Теплоноситель гелиоконтура — производства ООО «Сила солнца», контроллер ГУ — фирмы Resol (Германия).

Рис. 14. Структура затрат на сооружение ГУ базы отдыха в селе Архипо-Осиповка

Общая сметная стоимость составила 6,6 млн руб. (100%), в том числе стоимость СК, оборудования и материалов, — 80,3%. При данной сметной стоимости ГУ в селе Архипо-Осиповке затраты на СК, оборудование, арматуру и материалы составили 5,3 млн руб. (80,3%), монтаж металлоконструкций — 250 тыс. (3,78%), электромонтажные работы — 314 тыс. (4,76%), пусконаладочные — 140 тыс. (2,16%), проектные — 400 тыс. (6%) и прочие работы — 200 тыс. руб. (3%). На рис. 14 представлена структура затрат на сооружение данной ГУ.

С учётом изложенного следует, что Краснодарский край является лидером России по сооружению гелиоустановок. За 30 лет накоплен значительный опыт по сооружению гелиоустановок различной мощности. Показано, что в современных экономических условиях возможно строительство ГУ со сроком окупаемости до пяти лет. ●

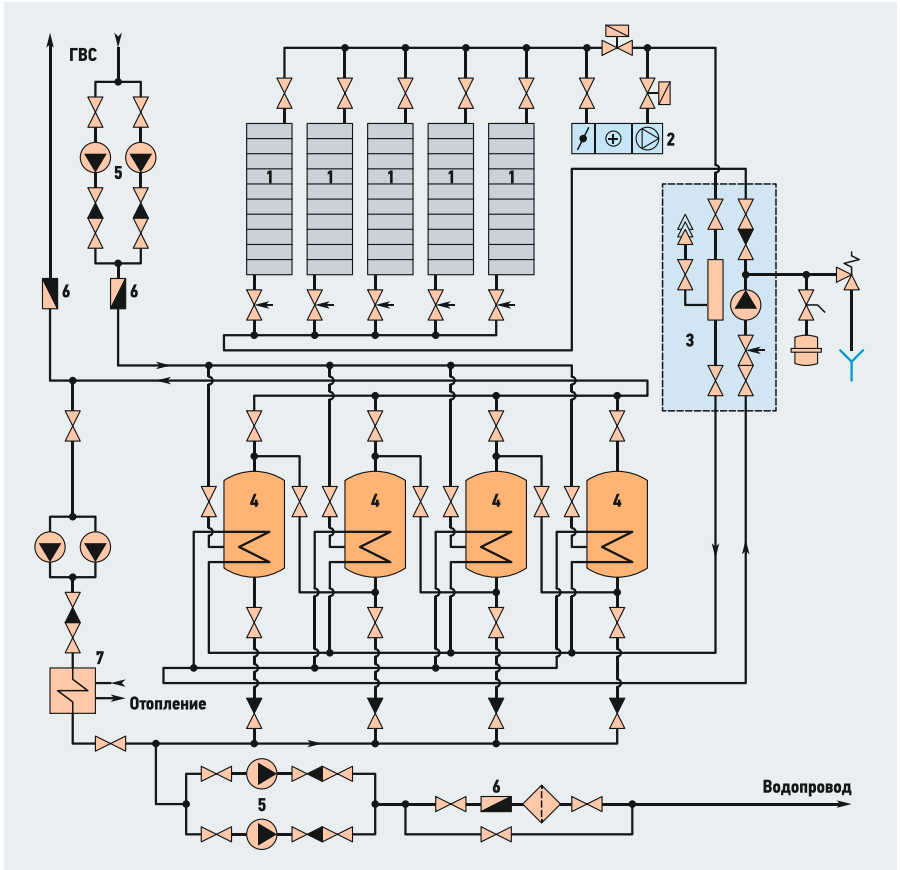


Рис. 13. Схема гелиоустановки базы отдыха в селе Архипо-Осиповка (1 — солнечные коллекторы; 2 — аварийное расхолаживание; 3 — насосная установка; 4 — баки-аккумуляторы; 5 — насосы; 6 — расходомер; 7 — теплообменник отопления)

1. Бутузов В.А. Теплоснабжение коммунальных потребителей с рациональным сочетанием традиционных и нетрадиционных источников энергии: Автореф. дисс. канд. техн. наук по спец. 05.23.03. — М., 1989. 24 с.
2. Справочник по климату СССР. Ч. 1. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. — Л.: Гидрометеорологическое издание, 1966. 82 с.
3. Схема размещения нетрадиционных возобновляемых источников энергии в Краснодарском крае: технико-экономический доклад. Ч. 2. Оценка гелиоэнергетических ресурсов Краснодарского края и рекомендации по их техническому использованию для выработки тепловой и электрической энергии. Отчёт о НИР / Ленинградгидропроект, №030-23-27. Руковод. работы Н.В. Миклашевич. — СПб., 1994. 127 с.
4. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3: Многолетние данные. Ч. 1. Вып. 13. Солнечная радиация и солнечное сияние. — Л.: Гидрометеоиздат, 1990. 724 с.
5. Бутузов В.В. Повышение эффективности систем теплоснабжения на основе возобновляемых источников энергии: Дисс. канд. техн. наук по спец. 05.14.08. — Краснодар, 2013. 424 с.
6. Бутузов В.В. Расчётные значения интенсивности солнечной радиации для проектирования гелиоустановок // Альтернативная энергетика и экология, 2009. №11. С. 75–80.
7. The NASA Surface meteorology and Solar Energy dataset. 2007. Web-source: eosweb.larc.nasa.gov. Access data: September 5, 2019.
8. Бутузов В.А.Советское и российское солнечное теплоснабжение — научные инженерные школы // Журнал С.О.К., 2018. №8. С. 89–99.
9. Бутузов В.А., Бутузов В.В. Использование солнечной энергии для производства тепловой энергии. — М.: Интехэнерго-издат; Теплоэнергетик, 2015. 314 с.

На правах рекламы.

Солнечная электростанция для «умного дома»

В наше нестабильное время всё больше людей задумывается о том, как обеспечить автономность жилья и комфортное проживание на природе, как защитить свой дом от отключения электроэнергии и перебоев в её подаче. При этом в духе трендов высоких технологий повышаются требования к управляемости всеми системами в доме, включая систему энергообеспечения. Именно поэтому заказчик данной солнечной электростанции использовал технологии «умного дома» и выбрал топовое решение для резервирования энергии, дополнив систему экологически безопасным энергоисточником — солнечными панелями.

Автор: Денис ЛОШАКОВ, ведущий эксперт по подбору оборудования в области ВИЭ

Необычное расположение солнечных панелей в рассматриваемом проекте обусловлено двумя факторами:

1. Эффективная установка солнечных панелей возможна только на одну сторону кровли дома в зависимости от азимута и угла её наклона, и оптимальным оказалось именно такое расположение.

2. При вертикальном расположении солнечных панелей они оказываются защищены от снега и грязи во время осенне-зимнего сезона в Московской области, что значительно облегчает их эксплуатацию.

Важным преимуществом системы является её комплексность: для слаженной совместной работы оба солнечных контроллера соединены между собой и с инверторами МАП Dominator по цифровой шине связи. Причём в этой связке «главным» назначается один из инверторов МАП. Он управляет всей системой посредством специального программного обеспечения, разработанного специалистами компании «Микроарт».

Взаимодействие и регулирование происходит автоматически, а владелец системы осуществляет контроль и управление как удалённо (через смартфон, планшет или персональный компьютер), так и через интерфейс самого прибора, но делает это только при необходимости, ведь система построена по принципу «один раз настроил и забыл».

Заказчик сделал выбор в пользу инверторов МАП благодаря их надёжности и функциональности, а также удобному

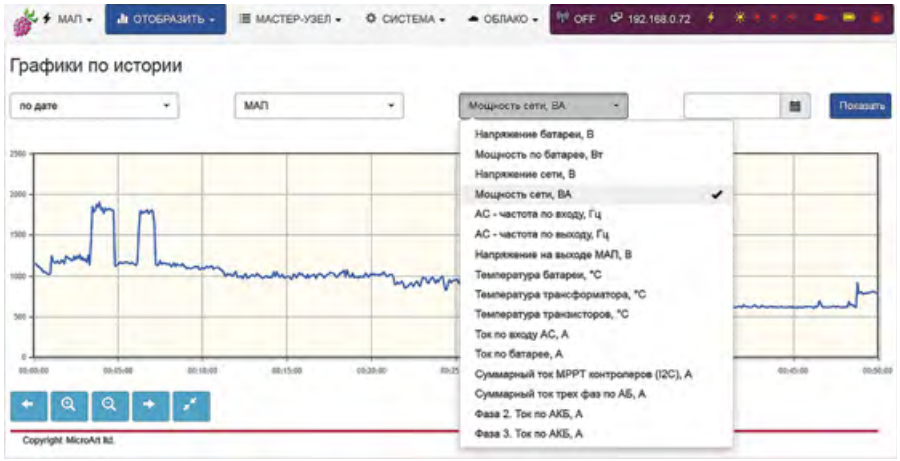
Система энергообеспечения дома на основе солнечной электростанции

Система энергообеспечения «умного дома» заказчика состоит из следующих компонентов:

1. Трёхфазной системы инверторов МАП Dominator компании «Микроарт» (российской разработки и производства, мощностью 27 кВт, 48 В по 9 кВт на фазу).
2. 24-х аккумуляторных батарей типа AGM (ёмкостью 200 А·ч и напряжением 12 В).
3. Двух солнечных контроллеров КЭС Dominator MPPT компании «Микроарт» (российской разработки и производства, напряжением до 200 В и током до 100 А).
4. УЗП «Микроарт» (устройство защиты от молний и «выбросов» сети с байпасом).
5. Монокристаллических солнечных панелей Black Mono (48 штук по 200 Вт), установленных вертикально.
6. Системы удалённого мониторинга — ПАК «Малина» (встроенной в инверторы).

и доступному сервису и возможности гарантийного и постгарантийного обслуживания. Также немаловажным фактором оказался долгий проектный срок службы и пятилетняя гарантия на трёхфазную систему за счёт профессионального монтажа, который осуществили инженеры компании «Микроарт».

«Отмечу, что при подборе системы были учтены все особенности условий эксплуатации, — уточняет инженер-проектировщик компании «Микроарт» Алексей Иванов. — *Это потребляемая всеми нагрузками мощность, время возможного отключения промышленной сети, а также пусковые токи электроприборов».*



Интерфейс системы удалённого мониторинга ПАК «Малина»

Советы эксперта

1. Подкачка в сеть: учёт мощных нагрузок и пусковых токов

При подборе резервной системы важно просчитать суммарную электрическую мощность электрооборудования, которое функционирует одновременно.

Итоговая мощность, требуемая на объекте, должна быть примерно на 20–30% выше максимальной мощности всех электроприборов, подключённых к электросети.

Необходимо учитывать и пусковые токи (превышение нагрузки относительно номинала в два-семь раз в момент запуска). Пусковые токи имеют глубинные насосы, холодильники и другая техника, в конструкции которой есть электродвигатель, насос или компрессор.

Использование правильно подобранного инвертора и комплекта АКБ позволяет обеспечить в случае необходимости «подкачку» к промышленной сети дополнительной мощности со стороны аккумуляторных батарей с помощью инвертора. Таким образом, при наличии мощных нагрузок в доме, превышающих мощность входящей электросети, а также оборудования с пусковыми токами, система автоматически «подкачивает» дополнительную необходимую мощность и обеспечивает работу электроприборов в штатном режиме.

2. Подбор массива АКБ: оптимальное количество и тип АКБ под задачу

Любого свинцово-кислотного аккумулятора ёмкостью 100 А·ч будет достаточно для получения мощности всего лишь 1 кВт (при температуре эксплуатации не ниже +20 °C). При снижении температуры снижается и выдаваемая мощность, и эффективная ёмкость.

Разные типы АКБ имеют различную устойчивость к количеству «глубоких» разрядов (минимально возможный порог разряда батареи, при котором плотность электролита падает до величин, близких к плотности дистиллированной воды). Так, например, панцирные АКБ служат 1500 циклов разряда/заряда (на 80%), а гелевые АКБ — около 500.

Таким образом, при подборе АКБ важно учитывать необходимую для ваших задач мощность, условия эксплуатации (в первую очередь температуру), а также предполагаемое время работы без промышленной сети.

Научная модель способна выбрать месторасположение ветропарка и спрогнозировать его производительность

Ветер всегда есть в той или иной местности, но определить конкретный район размещения ветроэлектростанции сложнее, чем просто подняв вверх смоченный слюной палец. Теперь в распоряжении команды исследователей Университета штата Пенсильвания есть модель, которая способна не только обнаружить лучшую возможную площадку для новой ВЭС, но даже помочь в составлении прогноза энерговыработки на ближайшие 24 часа.

«Обычно при планировании ветряной электростанции ищется подходящая местность со средней скоростью ветра — не слишком высокой и не слишком низкой, но постоянной, — поделился профессор географии, метеорологии и науки об атмосфере Гвидо Сервоун (Guido Cervone). — *Мы обнаружили более точный и эффективный способ оценить на конкретных площадках постоянство скорости ветра, то есть ключевой фактор, учитываемый при рассмотрении вопроса о строительстве новой ветроэлектростанции. С ископаемыми источниками энергии и мирным атомом можно заранее знать, какой будет энерговыработка. Но с ветром всё не так просто».*

Для производства электрической энергии важно не только местоположение, но также важно иметь возможность предсказать, сколько энергии ветра ветропарк сможет получить в течение последующих 24 часов. Когда поставщики электроэнергии закупают электроэнергию, произведённую ВЭС, они хотят надёжности. Операторы ветровой электростанции, в свою очередь, регулярно продают выработанную электроэнергию поставщикам, но последние также хотели бы иметь возможность планировать за сутки, какой объём первые смогут выработать.

«Поставщикам электроэнергии необходимо знать, сколько электроэнергии можно приобрести ещё за день до непосредственной покупки, — заявил г-н Сервоун, который также является по совместительству директором институт кибернетической науки при Пенсильванском университете. — *У них должны быть надёжные источники, потому что прекращения электроснабжения допустить нельзя. Они также не хотят покупать излишки на оперативном рынке электроэнергии, потому что такие покупки, произведённые в тот же день, обходятся дороже».*

Для производства электрической энергии важно не только местоположение, но также важно иметь возможность предсказать, сколько энергии ветра ветропарк сможет получить в течение последующих 24 часов. Когда поставщики электроэнергии закупают электроэнергию, произведённую ВЭС, они хотят надёжности

Фото: GE, ge.com

Источник: sciencedaily.com.
Перевод Российской Ассоциации Ветроиндустрии (РАВИ).

Модель используется для создания кривой распределения вероятностей наличия ветра, необходимого для генерации, основываясь на которой компании смогут принимать решения, полностью осознавая риски. Если модель покажет, что вероятность наличия ветра, достаточного для производства электроэнергии, около 0,8, то владельцы ВЭС и покупатели электроэнергии будут знать, что особых рисков нет

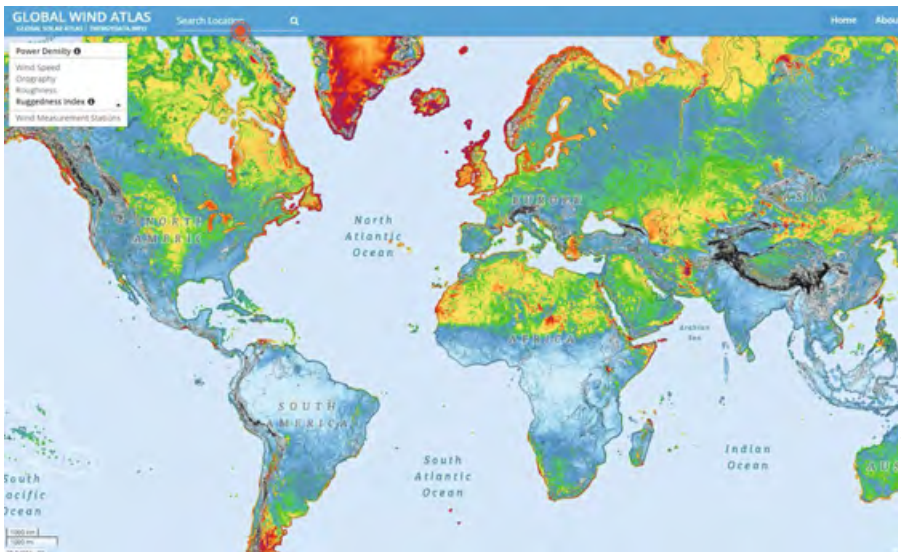


Фото: Vortex, vortexfdc.com

Как средство наблюдения за ветровыми энергоресурсами заслуживает внимания уникальный веб-ресурс The Global Wind Atlas 2.0 (globalwindatlas.info), разработанный компанией Vortex совместно с Датским техническим университетом при участии Всемирного банка (The World Bank)

Для анализа ошибок в прогнозах производства электроэнергии ветроэлектростанциями по всей стране Сервоун и Мехди Шахриар (Mehdi Shahriar), недавно получивший степень доктора наук в области энергетики и минералогии в Университете штата Пенсильвания, использовали технологию Analog Ensemble (AnEn), разработанную американским Национальным научно-исследовательским центром по изучению атмосферы.

AnEn использует среднестатистические сведения о прошлых наблюдениях и прогнозах, охватывающих периоды от нескольких месяцев до двух лет, что является более предпочтительным вариантом. Технология составляет вероятностную модель прогноза погоды, в конкретном случае — доступности ветра для производства электроэнергии.

«Было отмечено, что в районах, где зафиксирована более высокая средняя скорость ветра, ей сопутствует и большая степень неопределённости прогнозов, что усложняет успешное прогнозирование скорости ветра в таких местах», — говорится в недавнем отчёте исследователей.

Фото: GE, ge.com

Воспользовавшись прошлыми прогнозами с потенциальных площадок для размещения ветропарков, строители смогут выбрать места, вероятно, с более низкой средней скоростью ветра, но при этом более постоянной и предсказуемой.

С помощью подхода, используемого исследователям, нельзя просто ответить «да» или «нет» на вопрос о том, будет ли на некотором участке ветер. Модель используется для создания кривой распределения вероятностей наличия ветра, необходимого для генерации, основываясь на которой компании смогут принимать решения, полностью осознавая риски. Если модель покажет, что вероятность наличия ветра, достаточного для производства электроэнергии, составляет около 0,8, то как владельцы ВЭС, так и покупатели электроэнергии будут знать, что особых рисков нет. Если же вероятность составит 0,2, то обе стороны будут понимать, что полагаться на энергию ветра в целях генерации в некоторой местности — слишком опрометчиво.

«Раз мы сможем предсказать скорость ветра, то сможем предсказать, и сколько энергии выработаем за определённый период», — считает Сервоун.

Представленная модель показывает чрезвычайно эффективные результаты. Она берет за основу текущий прогноз, далее просматривает среднестатистические данные на предмет совпадений и указывает фактическую скорость ветра и его продолжительность в конкретный ранее зафиксированный период времени.

«Она эффективна в вычислительном отношении, — заявляет Сервоун. — *Может непрерывно работать с большими объёмами данных без особых проблем»*.

Гибридная тепловая электростанция на основе возобновляемых энергетических ресурсов

Рецензия эксперта на статью получена 31.10.2019 [Expert review on the article received on October 31, 2019].

В статье [1] отмечено, что альтернативная бестопливная энергетика применима в регионах, где для реализации «зелёных» проектов имеются исключительно благоприятные условия. Интерес к альтернативной энергетике вполне оправдан для стран, не имеющих собственных запасов органического топлива, но обладающих значительными ресурсами ветровой, солнечной или геотермальной энергии [2–4].

Например, Эфиопия, которая обладает огромными ресурсами солнечной и геотермальной энергии [5], может построить электроэнергетику в значительной мере на основе их использования [6].

Энергетические ресурсы в Эфиопии включают в себя 45 ГВт гидроэнергии, до 5,5 кВт/м^2 в день солнечной энергии, 1,3 ТВт ветровой энергии, 7–10 ГВт геотермальной энергии, 1,12 млн тонн древесины, 113 млрд м^3 природного газа, 300 млн тонн угля и 253 млн тонн сланца. Однако потребление электроэнергии на душу населения составляет всего 24 кВт·ч в год, что значительно ниже, чем средние 153 кВт·ч в странах близ Сахары.

На текущий момент в Эфиопии установленная мощность генерации электроэнергии составляет около 2267 МВт, из которых 1978 МВт вырабатывают гидроэлектростанции, 171 МВт — ветроэлектростанции, 112 МВт — дизельные ТЭС и 7 МВт — геотермальные ТЭС).

Спрос на электрическую энергию в стране растёт значительно, в последние годы зарегистрирован ежегодный рост на 25 %, и ожидается, что этот показатель будет ещё выше в ближайшие годы. Необходимые мощности электроэнергетики на 2037 год прогнозируются около 37 ГВт при существующих 2267 МВт.

Интерес к альтернативной энергетике вполне оправдан для стран, не имеющих собственных запасов органического топлива, но владеющих значительными ресурсами ветровой, солнечной или геотермальной энергии. Например, такая страна, как Эфиопия, обладает огромными ресурсами солнечной и геотермальной энергии и может построить свою электроэнергетику в значительной мере на основе их использования

УДК 620.92. Научная специальность: 05.14.08.

Гибридная тепловая электростанция на основе возобновляемых энергетических ресурсов

Б. Д. Гемечу, аспирант; **В. И. Шарапов**, д.т.н., профессор, Ульяновский государственный технический университет (УлГТУ)

Показано, что в странах, обладающих значительными ресурсами солнечной и геотермальной энергии, например, Эфиопии, можно построить электроэнергетику в значительной мере на основе использования этих природных ресурсов. На примере геотермального поля Тендахо в Эфиопии рассмотрены варианты использования геотермальных и солнечных ресурсов для электроэнергетики. Предложена и запатентована концепция гибридной тепловой гелиогеотермальной электростанции, в которой геотермальный ресурс является поставщиком насыщенного пара, а солнечный ресурс позволяет перегреть геотермальный пар перед паровой турбиной. Доказано, что комбинированное использование солнечной и геотермальной энергии в тепловой гелиогеотермальной электростанции позволяет существенно, до 8 %, увеличить мощность гибридной энергетической системы.

Ключевые слова: *природные энергетические ресурсы, геотермальная энергия, солнечная энергия, геотермальная электростанция, гибридная гелиогеотермальная электростанция.*

UDC 620.92. The number of scientific speciality: 05.14.08.

Hybrid thermal power plant based on renewable energy resources

B. D. Gemechu, postgraduate student; **V. I. Sharapov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ulyanovsk State Technical University (Ulyanovsk city)

It is shown that in countries like Ethiopia where there are significant amounts of solar or geothermal energy resources, it is possible to generate electricity mainly using these natural resources. Taking as an example the geothermal and solar energy resources available at Tendaho geothermal field in Ethiopia, options of utilizing the energy resources are examined. A concept of hybrid solar-geothermal power plant, in which the geothermal resource supplies saturated steam and the solar resource superheats the steam before the steam turbine, was proposed and patented. It is proved that the combined use of solar and geothermal energy in the hybrid solar-geothermal power plant can significantly increase the capacity of the hybrid system up to 8 %.

Keywords: *natural energy resources, geothermal energy, solar energy, geothermal power plant, hybrid solar-geothermal power plant.*

Строящиеся и функционирующие электростанции в Эфиопии (более 1 МВт). Данные 2017 года

Одним из способов уменьшения несоответствия между постоянно растущим спросом на энергию и очень низким доступом к ней является расширение выбора энергоресурсов и максимальное использование этих ресурсов. Сезонный характер осадков и засуха, с которыми страна сталкивалась в течение многих лет, вызвали сдвиг парадигмы в сторону разработки возобновляемых источников энергии. Среди инициатив, принятых во внимание в этом отношении, является развитие геотермальной и солнечной энергетики. Как уже упоминалось выше, использование большей части энергетических ресурсов в целом и солнечной и геотермальной энергии, в частности, близко к нулю. Попытаемся оценить фактический потенциал этих природных энергетических ресурсов и предложения по их использованию.

Эфиопский сектор рифтовой системы, разделяющий страну на две половины, считается богатым многими энергетическими ресурсами, среди которых основными являются геотермальная и солнечная энергия. С начала разведки ресурсов геотермальной энергии в 1969 году бóльшая часть исследований ресурсов была направлена на выявление потенциальных областей, в которых имеется возможность генерации электроэнергии из этих ресурсов. Были определены около 120 областей, среди которых 22 имеют потенциал с высокой энтальпией геотермальных

Восточно-Африканская рифтовая система

Специальное содержание разработал А.Ф. Лимонов

ресурсов. Общий потенциал геотермальных энергетических ресурсов в рифтовой системе оценивается в 10 ГВт.

В дополнение к геотермальным ресурсам Эфиопская рифтовая система также богата солнечной энергией. 56% от общей площади суши в рифтовой долине с уклоном земли менее 2% и средней интенсивностью прямого солнечного излучения (ПСИ) от 4,2 до 5,2 кВт·ч/м^2 в сутки считаются подходящими для реализации концентрированных солнечных силовых технологий. Геотермальные области Тендахо-3 (Аллалобеда) и Босети обладают более высоким потенциалом, чем остальные. Области Корбети, Алуто-3 (Бобеса) и Алуто-1 (Лангано) показали наименьшее ПСИ: 3,544; 4,188 и 4,188 кВт·ч/м^2 в сутки, соответственно.

Однако использование ресурсов до сих пор ограничивалось мощностью 7 МВт геотермальной электростанции, что составляет менее 1% потенциала [5].

С начала разведки ресурсов геотермальной энергии Эфиопии в 1969 году бóльшая часть исследований была направлена на выявление потенциальных областей, в которых имеется возможность генерации электроэнергии из этих ресурсов. Были определены около 120 областей, среди которых 22 имеют потенциал с высокой энтальпией геотермальных ресурсов

Для анализа энергоэффективности выбрано геотермальное поле Тендахо как одно из наиболее изученных в Эфиопии. Оценка продуктивности двухфазных геотермальных скважин показала, что три скважины, а именно — TD4, TD5 и TD6, являются весьма продуктивными с массовым расходом геотермальной жидкости 50,4; 19 и 37 кг/с, соответственно. Энтальпии геотермальных жидкостей из TD4, TD5 и TD6 составляют 1065, 1267 и 975 кДж/кг, соответственно [7].

Тендахо также характеризуется значительным потенциалом для производства солнечной тепловой энергии. Месторождение получает более 5,2 кВт·ч/м^2 в сутки среднегодового прямого нормального излучения.

Все эти факторы делают месторождение пригодным как для солнечных установок с технологиями концентрированных солнечных электростанций (КСЭ), так и для геотермальных тепловых электростанций.

Рассмотрим возможные варианты использования природных энергетических ресурсов поля Тендахо:

1. Использование солнечной энергии путём строительства солнечной электростанции.

2. Использование геотермальной энергии путём строительства автономной геотермальной тепловой электростанции.

3. Комбинированное использование солнечной и геотермальной энергии путём строительства гибридной тепловой гелиогеотермальной электростанции [6].

Вариант 1. Модель солнечной электростанции КСЭ состоит из параболических коллекторов, аккумулятора тепловой энергии, питательного насоса и основных компонентов паровой электростанции: испарителя/теплообменника, турбины, конденсатора и питательного насоса.

Валовая мощность турбины $N_{сл}$, вырабатываемая концентрированной солнечной электростанцией [8]:

$$N_{сл} = S_{сл}[I_b \eta_{op} \cos(\square) - q]\,\eta_{сл}, \qquad (1)$$

где $S_{сл}$ — общая площадь солнечных коллекторов, м²; I_b — прямое перпендикулярное солнечное излучение, кВт/м²; η_{op} — оптическая эффективность солнечного поля; φ — угол падения солнечного излучения (φ = 0°); q — общие тепловые потери в окружающую среду на 1 м² общей площади коллектора; $\eta_{сл}$ — номинальный КПД силового цикла гелиоэлектростанции.

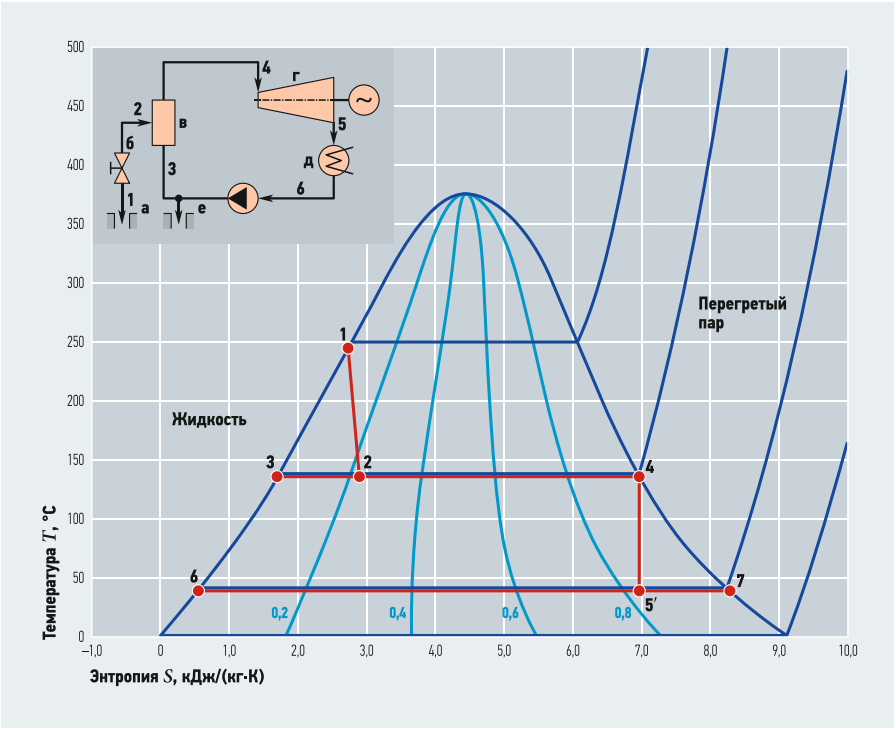


Рис. 1. Принципиальная схема геотермальной электростанции и *T*–*S*-диаграмма пара (а — эксплуатационная скважина, **б** — дроссельный клапан, **в** — сепаратор, **г** — турбина, **д** — конденсатор, **е** — нагнетательная скважина; **1** — точка при давлении устья скважины; **2** — точка на входе в сепаратор; **3** — точка при давлении разделения и x = 0; **4** — точка на входе в турбину; **5** — точка на выходе из турбины; **5′** — точка при идеальной энтальпии отработанного пара и давлении конденсации; **6** — точка на выходе из конденсатора)

Основные исходные данные для моделирования гелиоэлектростанции табл. 1

Параметр	Значение
Прямое солнечное излучение	216,08 Вт/м²
Тип коллекторов	EuroTough ET150
Оптическая эффективность солнечного поля	0,767705
Блок турбогенератора	SEGS 80 с сухим охлаждением
Номинальный КПД паросилового блока	0,3774

Основные исходные данные, используемые в моделировании гелиоэлектростанции, приведены в табл. 1.

Вариант 2. Автономная геотермальная электростанция содержит эксплуатационную скважину, из которой геотермальная жидкость направляется в сепаратор для разделения на пар и рассол, турбину, где происходит расширение пара, конденсатор, из которого конденсат отработанного пара направляется в нагнетательную скважину, в которую конденсат закачивается вместе с рассолом (рис. 1).

Массовая доля сухого насыщенного пара x в геотермальной жидкости определяется по формуле:

$$x = \frac{i_2 - i_3}{i_0 - i_3}. \qquad (2)$$

Расход пара D_n [кг/с], разделённого в сепараторе, рассчитывается как

$$D_n = x D_{гж}, \qquad (3)$$

где i_2 — энтальпия геотермальной жидкости, кДж/кг; i_3 — энтальпия рассола, кДж/кг; i_0 — энтальпия пара на входе, кДж/кг; $D_{гж}$ — величина расхода геотермальной жидкости, кг/с.

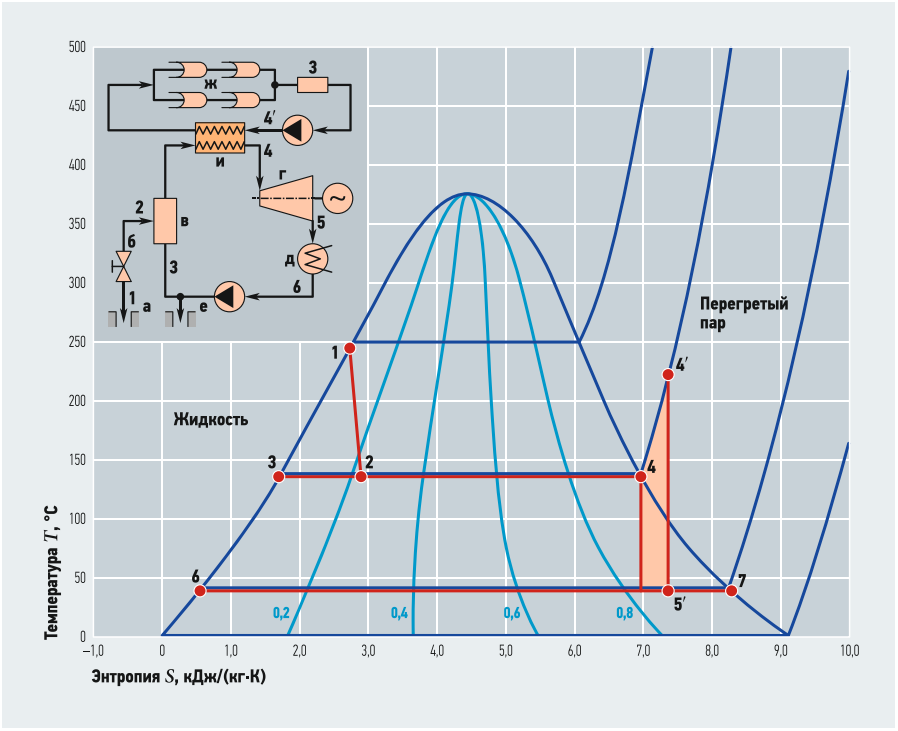


Рис. 2. Принципиальная схема и *T–S*-диаграмма гибридной гелиогеотермальной электростанции (а — эксплуатационная скважина, б — дроссельный клапан, в — сепаратор, г — турбина, д — конденсатор, е — нагнетательная скважина, ж — коллекторы, з — аккумулятор, и — теплообменник; 1 — точка при давлении устья скважины; 2 — точка на входе в сепаратор; 3 — точка при давлении разделения и x = 0; 4 — точка на входе в теплообменник; 4′ — точка на входе в турбину; 5 — точка на выходе из турбины; 5′ — точка при идеальной энтальпии отработанного пара и давления конденсации; 6 — точка на выходе из конденсатора)

Идеальная энтальпия отработанного пара на выходе из турбины $i_{5'}$ [кДж/кг] рассчитывается по формуле [9]:

$$i_5 = i_6 + (i_7 - i_6)\frac{s_4 - s_6}{s_7 - s_6}, \qquad (4)$$

где i_6 — энтальпия отработанного пара (при давлении конденсатора и сухости пара, равной 0), кДж/кг; i_7 — энтальпия отработанного пара (при давлении конденсатора и сухости пара, равной 1), кДж/кг; s_4 — энтропия пара на входе в турбину, кДж/(кг·К); s_6 — энтропия отработанного пара (при давлении конденсатора и сухости пара, равной 0), кДж/кг; s_7 — энтропия отработанного пара (при давлении конденсатора и сухости пара, равной 1), кДж/(кг·К).

Поскольку пар на входе в турбину является насыщенным, процесс расширения происходит во влажной области. Следовательно, наличие влаги снижает изоэнтропический КПД турбины. Этот эффект количественно определяется правилом Баумана [9], в котором говорится, что наличие 1% средней влажности снижает изоэнтропический КПД турбины примерно на 1%.

Учитывая правило Баумана, энтальпия отработанного пара на выходе из турбины i_0 [кДж/кг] определяется по формуле из работы [9]:

$$i_0 = \frac{i_4 - 0{,}425(i_4 - i_{5'})\left(1 - \dfrac{i_6}{i_7 - i_6}\right)}{1 + \dfrac{0{,}425(i_4 - i_{5'})}{i_7 - i_6}}. \qquad (5)$$

Таким образом, мощность турбины $N_г$ [кВт] автономной геотермальной электростанции при расширения насыщенного пара в турбине рассчитывается по следующей формуле:

$$N_г = D_n(i_0 - i_i)\eta_{эм}, \qquad (6)$$

где i_i — энтальпии пара на выходе из турбины, кДж/кг; $\eta_{эм}$ — электромеханический КПД турбогенератора.

Вариант 3. В предложенной нами концепции гибридной тепловой гелиогеотермальной электростанции [6] геотермальный ресурс является поставщиком насыщенного пара, а солнечный ресурс позволяет перегреть геотермальный пар, и, как следствие, увеличить мощность гибридной энергетической системы.

Поскольку пар на входе в турбину является насыщенным, процесс расширения происходит во влажной области. Следовательно, наличие влаги снижает изоэнтропический КПД турбины. Этот эффект количественно определяется правилом Баумана, в котором говорится, что наличие 1% средней влажности снижает изоэнтропический КПД турбины примерно на 1%

Из-за добавления солнечной энергии в геотермальную систему мы предположили рассматривать 10% валовой мощности турбины как паразитарную нагрузку для гибридной системы (нагрузку для собственных нужд). Поэтому полезная электроэнергия, вырабатываемая автономной геотермальной электростанцией, рассчитывается по формуле:

$$N_г = 0{,}9D_n(i_0 - i_i)\eta_{эм}. \qquad (7)$$

Принципиальная технологическая схема гибридной гелиогеотермальной электростанции [6] с солнечным перегревом пара показана на рис. 2. Гибридная установка комбинирует геотермальный энергетический цикл с системой солнечного перегрева пара, включающей в себя перегреватель (солнечный теплообменник), солнечный коллектор, аккумулятор для хранения и циркуляционный насос.

Энтальпия пара $i_0^{гб}$ [кДж/кг] на входе в турбину в гибридной системе, после добавления солнечной теплоты за счёт теплообменника, определяется по формуле:

$$i_0^{гб} = i_0 + \frac{Q_{сл}}{D_n}. \quad (8)$$

Поскольку пар на входе в турбину в гибридной системе является перегретым, алгоритм, используемый для насыщенного пара, не даёт точного значения выходной мощности. Поэтому здесь применим подход, близкий к изложенному в работе [10]. Сначала анализируется часть процесса расширения в перегретом регионе с использованием 85 % адиабатного коэффициента. Затем, когда пар входит во влажную область, оставшееся

расширение анализируется с использованием тех же уравнений, которые приведены выше — формулы (4)–(8). Мощность турбины $N_{сух}$ [кВт] для процесса расширения, который происходит в сухой области, рассчитывается как:

$$N_{сух} = D_n(i_0^{гб} - i_a), \quad (9)$$

где i_a — энтальпия пара [кДж/кг] при давлении, при котором процесс расширения пересекает кривую насыщения, а сухость пара равна 1,0.

Энтальпия отработанного пара на выходе из турбины $i_i^{гб}$ рассчитывается с использованием выражений (6) и (7), только вместо точки 4 используется точка a. Поэтому мощность турбины $N_{влж}$ [кВт] для процесса расширения, происходящего во влажной области, рассчитывается

$$N_{влж} = D_n(i_a - i_i^{гб}). \quad (10)$$

Таким образом, полная мощность турбины $N_{гб}$ [кВт] в гибридной системе рассчитывается как сумма выходной мощности турбины в сухой и влажной областях. Следовательно, величина $N_{гб}$ определяется по формуле:

$$N_{гб} = D_n(i_0^{гб} - i_a) + D_n(i_a - i_0^{гб}) = D_n(i_0^{гб} - i_i^{гб}). \quad (11)$$

Дополнительная мощность $N_{сл/гб}$ [кВт], вырабатываемая за счёт солнечной энергии, добавленной в гибридную энергосистему, представляет собой разницу мощностей гибридной электростанции и автономной геотермальной электростанции. Определяется как:

$$N_{сл/гб} = N_{гб} - N_г. \quad (12)$$

Прирост мощности турбины гибридной электростанции за каждым 1 МВт добавленной солнечной энергии определяется по формуле:

$$\Delta N = \frac{N_{гб} - N_г}{N_г}\frac{1000}{Q_{сл}}100\%. \quad (13)$$

В работе [11] предложена оценка качественного показателя, общая методология, используемая для оценки того, может ли гибридная электростанция производить больше электроэнергии, чем две автономные электростанции. Как определено в [11], качественный показатель — это отношение выходной мощности гибридной электростанции к сумме выходных мощностей автономных электростанций:

$$F_{тех} = \frac{N_{гб}}{N_т + N_{сл}}. \quad (14)$$

В этом определении качественный показатель больше 1,0 указывает на то, что гибридная система превосходит автономные системы с точки зрения выработки электроэнергии. Основные исходные данные, используемые для оценки, показаны в табл. 2.

Данные для оценки эффективности двух видов электростанций табл. 2

Параметр	Значение
Энтальпия геотермальной жидкости при давлении устья скважины $i_{гж}$, кДж/кг	1065
Расход геотермальной жидкости $D_{гж}$, кг/с	50,4
Температура разделения $t_с$, °C	143
Температура на выходе из турбины t_0, °C	40
Электромеханический КПД турбогенератора $\eta_{эм}$	0,98

Результаты анализов для двух видов электростанций табл. 3

Тепловая энергия, кВт	Мощность гелиоэлектростанции, кВт	Мощность турбины гибридной гелиогеотермальной электростанции, кВт
0	0	5116*
2000	754,8	5924
3000	1132,2	6336
4000	1509,6	6748
5000	1887	7158

* Этот результат предназначен для автономной геотермальной электростанции.

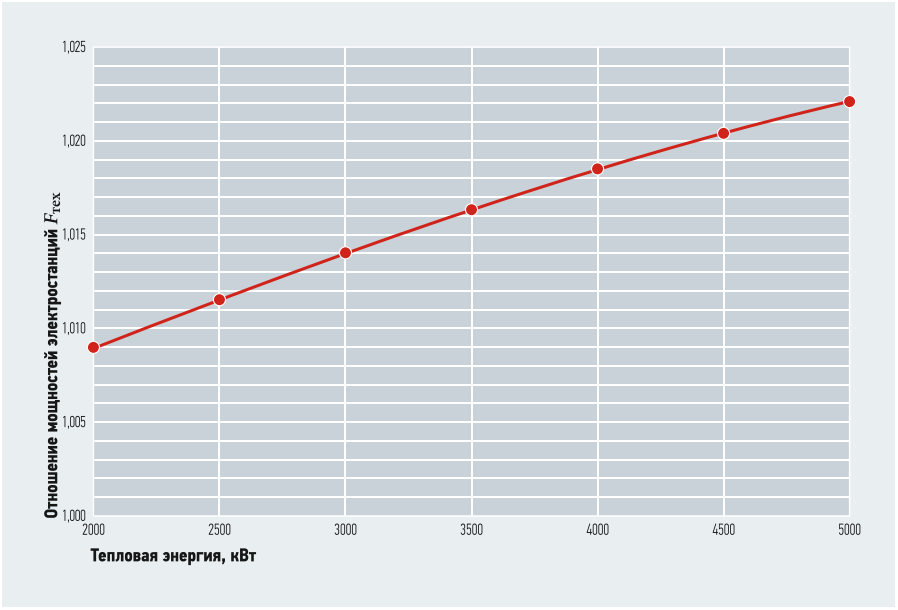


Рис. 3. Качественный показатель в зависимости от тепловой энергии, добавленной в гибридной гелиогеотермальной системе

Термодинамический анализ для автономной геотермальной электростанции показывает, что при принятых исходных данных мощность турбины оказалась равной 5116 кВт с массовым расходом пара 10,93 кг/с. Однако по мере увеличения количества тепловой энергии от гелиоисточника мощность, производимая гибридной энергосистемой, увеличивается (табл. 3). Увеличение выработки электроэнергии за каждым 1 МВт тепловой энергии, добавленным в гибридной системе, составило около 411,3 кВт. Другими словами, процент прироста мощности турбины геотермальной электростанции на каждый 1 МВт добавленной солнечной энергии получается около 8 %.

Как показано на рис. 3, технический качественный показатель составляет более 1,0, то есть вырабатываемая электроэнергия гибридной электростанция больше, чем сумма мощностей гелиоэлектростанции и автономной геотермальной электростанции. Значение увеличивается по мере увеличения тепловой энергии от гелиоисточника. Анализ также показывает (рис. 4), что для такого же количества используемой тепловой энергии дополнительная электроэнергия, вырабатываемая гибридной системой, больше, чем электроэнергия, вырабатываемая автономной гелиоэлектростанцией.

В странах, имеющих достаточно ресурсов солнечной и геотермальной энергии, можно построить энергетику в значительной мере на основе использования ВИЭ. Комбинированное использование солнечной и геотермальной энергии в тепловой гелиогеотермальной электростанции позволяет увеличить мощность подобной гибридной энергосистемы до 8 %

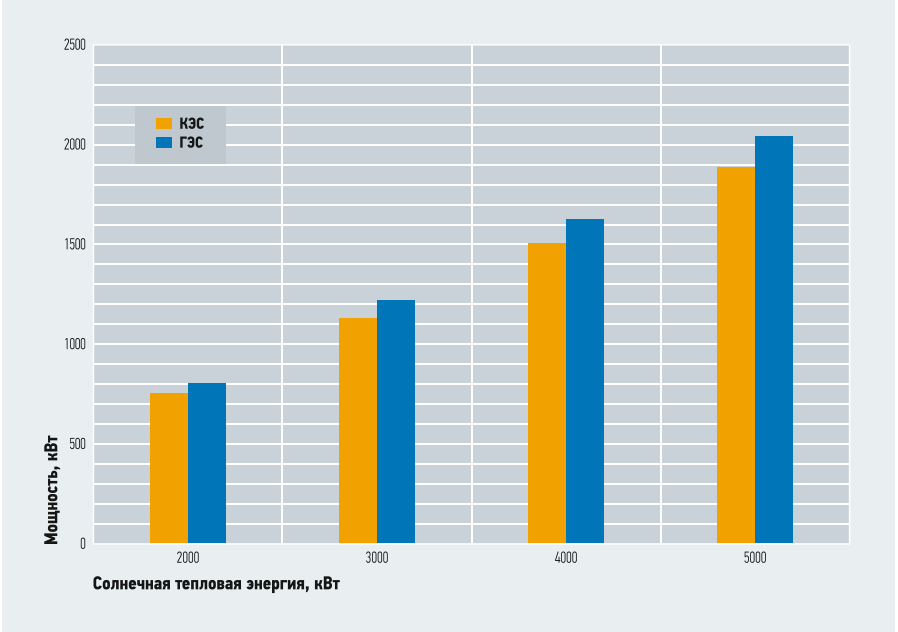


Рис. 4. Дополнительная мощность, вырабатываемая за счёт солнечной энергии, добавленной в гибридную электростанцию, по отношению к мощности, вырабатываемой гелиоэлектростанцией, с использованием того же количества солнечной тепловой энергии

Выводы

1. Показано, что в странах, обладающих достаточным количеством ресурсов солнечной и геотермальной энергии, как, например, в Эфиопии, можно построить электроэнергетику в значительной мере на основе использования этих возобновляемых природных ресурсов.

2. На примере геотермального поля Тендахо в Эфиопии рассмотрены варианты использования геотермальных и солнечных ресурсов для электроэнергетики.

3. Предложена и запатентована концепция гибридной тепловой гелиогеотермальной электростанции, в которой геотермальный ресурс является поставщиком насыщенного пара, а солнечный ресурс позволяет перегреть геотермальный пар перед паровой турбиной.

4. Доказано, что комбинированное использование солнечной и геотермальной энергии в тепловой гелиогеотермальной электростанции позволяет существенно (до 8 %) увеличить мощность гибридной энергетической системы.

1. Шарапов В.И. О месте альтернативных источников энергии в отечественной энергетике // Журнал С.О.К., 2019. №8. С. 78–81.
2. Шарапов В.И., Ротов П.В. О путях преодоления кризиса в работе систем теплоснабжения // Известия вузов. Проблемы энергетики, 2000. №5–6. С. 3–8.
3. Шарапов В.И. Особенности теплоснабжения городов при дефиците топлива на электростанциях // Электрические станции, 1999. №10. С. 63–66.
4. Ротов П.В., Шарапов В.И. Особенности регулирования нагрузки систем теплоснабжения в переходный период // Энергосбережение и водоподготовка, 2010. №2. С. 25–28.
5. Гемечу Б.Д., Шарапов В.И. Перспективы использования природных энергетических ресурсов в Эфиопии // Энергосбережение и водоподготовка, 2018. №1. С. 33–37.
6. Патент №186091 (RU). МПК F24T 50/00. Геотермальная энергетическая установка / В.И. Шарапов, Б.Д. Гемечу; заявл. 31.05.2018; опубл. 29.12.2018. Бюл. №1.
7. Akalewold S. Evaluation of recent temperature and pressure data from wells in Tendaho geothermal field, Ethiopia and from well HG-1 at Hägöngur, Iceland. United Nations University. UNU Geothermal Training Programme. Reykjavík, Iceland. Reports 2004. No. 15.
8. Morin G., Dersch J., Platzer W., Eck M., Häberle A. Comparison of linear Fresnel and parabolic trough collector systems. Solar Energy. 2012. No. 86. Pp. 1–12.
9. DiPippo R. Geothermal power plants: principles, applications, case studies and environmental impact. 3rd ed. Butterworth-Heinemann. 2012. 624 p.
10. Шарапов В.И. Методика оценки энергетической эффективности структурных изменений в тепловых схемах ТЭС // Труды Академэнерго, 2015. №2. С. 27–37.
11. Cheng Z., Elham D., Behdad M. Figure of merit analysis of a hybrid solar-geothermal power plant. Engineering. 2013. No. 5. Pp. 26–31.

References — see page 95.

Оптимальные подходы к повышению энергоэффективности многоквартирных домов

В рамках повышения энергосбережения и снижения энергоёмкости ЖКХ происходит присвоение классов энергоэффективности и капитальный ремонт инженерного оборудования, но в тех домах, где было холодно, теплее не становится. Почему? Ответ прост — низкая температура в квартирах жилого дома вызвана в большей мере промерзанием межпанельных швов, углов и перекрытий. В морозы температура в этих зонах может составлять +8...+15 °С. Тепловизионная съёмка выявляет промерзание практически всех углов стен, на которых есть оконные проёмы.

При выделении средств из Фонда содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства на капитальный ремонт многоквартирных домов следует обращать внимание на существующие и целевые показатели энергоэффективности конкретного объекта, а также рассматривать вариант смены существующего источника тепловой энергии с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ).

При наличии проблем с теплоснабжением концевых потребителей при значительной удалённости теплоисточника целесообразно включить в тарифы затраты на циркуляцию по тепловым сетям и осуществлять горячее водоснабжение в межотопительный период в режиме циркуляции. Тенденция дальнейшего снижения потерь тепловой энергии в новостройках и падения энергоэффективности жилых зданий старой постройки должна быть интересна сотрудникам монтажных компаний и специалистам фирм-проектировщиков — с точки зрения поиска потенциальных клиентов, формирования акцентов и понимания потребностей целевой аудитории в рамках ведения маркетинговой деятельности.

Во многих городах на углах жилых домов появляются знаки, указывающие на класс энергоэффективности объекта, — белые таблички с латинскими буквами и словосочетаниями типа: «класс энергетической эффективности нормальный» (фото 1).

При наличии проблем с теплоснабжением концевых потребителей при значительной удалённости теплоисточника целесообразно включить в тарифы затраты на циркуляцию по тепловым сетям и осуществлять горячее водоснабжение в межотопительный период в режиме циркуляции

Условием для получение высокого класса является снижение расхода энергетических ресурсов — но не за счёт потери комфорта для жителей. То есть уменьшение расхода энергетических ресурсов на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение не должно приводить к отклонению параметров внутреннего воздуха от нормируемых.

Фото 1. Жилой дом (по адресу: г. Санкт-Петербург, ул. Прилукская, д. 20, стр. 1) с высоким классом энергетической эффективности

Автор: С.В. ЧИЧЕРИН, аспирант, Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)

Наиболее эффективна установка на автоматизированных ИТП, обеспечивающих погодное регулирование. Такие устройства дают энергосберегающий эффект порядка 25%

Основными мероприятиями являются: утепление ограждающих конструкций, замена окон и дверей, замена осветительных приборов на энергосберегающие, установка индивидуальных приборов учёта (ИПУ) ресурсов. Наиболее эффективна установка на объектах автоматизированных ИТП, обеспечивающих погодное регулирование. Такие устройства дают ощутимый энергосберегающий эффект — порядка 25%. Нормативные документы запрещают выдачу класса выше В при отсутствии регулирования температуры теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха и индивидуальных приборов учёта [1].

Для присвоения класса энергоэффективности исследуются тепловые потери через ограждающие конструкции жилых домов и состояние поверхностей нагрева отопительных приборов. Предпочтительно применение устройств с возможностью фотофиксации в видимом и инфракрасном диапазонах. Обследование объекта целесообразно производить в утреннее или вечернее время при облачном небе, что предотвращает засветку снимков из-за воздействия интенсивной солнечной радиации. При обследовании панельных знаний основной проблемой является значительное промерзание межпанельных швов, углов и перекрытий, из-за чего нормативная температура внутреннего

воздуха не выдерживается даже при установке современных алюминиевых радиаторов и замене деревянных окон и балконных дверей на конструкции из ПВХ.

Другая проблема — это состояние отопительной системы, в частности, так называемых «стояков». Длительная эксплуатация металлических и неметаллических трубопроводов приводит к тому, что температура на их поверхности становится значительно меньше температуры теплоносителя на входе в систему отопления. Например, измерения показывают температуру около 40°С, хотя температура после узла смешения по температурному графику при 0°С окружающего воздуха составляет 50°С. Это может свидетельствовать о том, что трубопроводы, включая стояки, изношены и частично забиты и требуется их замена.

При проведении обследований выявлены следующие основные источники тепловых потерь: низкая теплоизолирующая способность межпанельных швов, углов стен, утепления перекрытий, разрушение изоляции; забитость стояков отопительной системы дома.

Таким образом, для повышения температуры в помещениях при существующих режимах теплоснабжения дома рекомендуется: заменить забитые участки отопительной системы, прочистить/заменить стояки на пластиковые или из иного не поддающегося коррозии и отложению солей на внутренней стенке трубопровода материала; выполнить утепление межпанельных швов для исключения промерзания углов стен, восстановить изношенную фасадную облицовку наружных стен.

Из-за отсутствия циркуляции, большой протяжённости теплотрасс и относительно малого расхода происходит остывание горячей воды до 30–35 °С

Управленцам профильных фирм-потребителей оборудования и услуг, а также специалистам, обслуживающим инженерные системы, интересны вопросы теплоснабжения жилых домов, являющихся концевыми в схеме присоединения. Согласно техническим условиям на присоединение к тепловым сетям и режимы работы в межотопительный период, горячее водоснабжение, как правило, осуществляется по открытой тупиковой схеме по одному трубопроводу (подающему либо обратному).

Из-за отсутствия циркуляции, большой протяжённости теплотрасс (фото 2) и относительно малого расхода происходит остывание горячей воды до 30–35 °С, что не обеспечивает качество ГВС в соответствии с действующими нормами.

За летний период жителям данных домов производится изменение размера оплаты за коммунальные услуги в соответствии с Постановлением Правительства РФ №307-ПП (перерасчёт), из-за чего в рамках одной теплоснабжающей организации происходит снижение выручки на десятки миллионов рублей.

В исключительном случае в межотопительный период периодически организовывается циркуляция через элеваторные перемычки тепловых пункты жилых домов, что улучшает температурный режим ГВС, но существенно увеличивает эксплуатационные затраты теплоснабжающей организации.

Фото 2. Участок тепловой сети надземной прокладки Ду800 вдоль плотины Иркутской ГЭС, соединяющий лево- и правобережные части города

Крайняя, но очень затратная мера — это когда в целях улучшения теплоснабжения ряда объектов выполняется строительство теплотрассы (так называемых «перемычек») до местной котельной (фото 3), переключение объектов на крупный теплоисточник и закрытие котельной.

Заменой традиционного теплоисточника может стать оборудование, задействующее НВИЭ [2]. Стоимость гелиоколлектора и ветрогенератора с аккумуляторами электроэнергии для нужд частного жилого дома достигает 350 тыс. рублей, котёл стоит около 100 тыс. рублей, теплонасосная установка (ТНУ) — также 100 тыс. рублей [3].

С другой стороны, в новостройках бóльшая часть жилых помещений оборудуется индивидуальными приборами учёта потребления тепловой энергии, устанавливаются электро- и водосчётчики. Дополнительно возможна установка климатического клапана, благодаря чему помещение можно проветривать, не открывая окна, при этом не поступает пыль и шум с улицы. Системы жизнеобеспечения выполняются в соответствии с современными эргономичными требованиями и стандартами. Теплоснабжение обеспечивает автоматизированный индивидуальный тепловой пункт с датчиками температуры наружного и внутреннего воздуха. Предусмотрена горизонтальная разводка труб отопления по квартире от коллектора в конструкции пола, установка радиаторов с терморегуляторами.

В жилье элитного класса обычно предусматривают современные системы очистки воздуха, принудительную приточно-вытяжную вентиляцию и центральное кондиционирование воздуха. Жильцам подобных домов повышенной комфортности, как правило, предлагают увеличение электрической мощности: для крупных квартир до 50 кВт, минимально до 15 кВт [4].

Фото 3. Пример местного теплоисточника в посёлке Листвянка (Иркутская область)

Такое жильё, административные здания, а также объекты производственного назначения и торговые площади, где высота помещения превышает 3 м, зачастую страдают от значительной температурной стратификации. Это значит, что температура приточного воздуха может сильно отличаться от температуры воздуха в рабочей зоне, что затрудняет работу системы вентиляции и увеличивает потребление тепловой и электроэнергии. В работе [5] показано, что при температуре вытяжного воздуха +28,5 °С и температуре приточного воздуха, равной +15 °С, для ассимиляции 900 кВт тепла необходимо подавать 204 тыс. м³/ч воздуха.

Заключение

Наблюдения за отрицательными прецедентами в развитии технологий принудительной вентиляции помещений показывают важность правильного выбора и размещения диффузоров, исходя из величины суммарного расхода воздуха, подлежащего раздаче в помещении, акустических характеристик оборудования и допустимой величины шумового воздействия. При выделении средств из Фонда содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства на капитальный ремонт многоквартирных домов следует обращать внимание на существующие и целевые показатели энергоэффективности конкретного объекта, а также рассматривать вариант смены существующего источника тепловой энергии с использованием НВИЭ.

При наличии проблем с теплоснабжением концевых потребителей при значительной удалённости теплоисточника целесообразно включить в тарифы затраты на циркуляцию по тепловым сетям и осуществлять горячее водоснабжение в межотопительный период в режиме циркуляции.

При выдаче классов энергоэффективности и для приведения температурного режима в помещениях к нормативным значениям рекомендуется:

- выполнить ремонт отопительной системы здания, заменить стояки на пластиковые или иной не поддающийся коррозии и отложению солей на внутренней стенке трубопровода материал;
- выполнить утепление межпанельных швов, восстановить изношенное фасадное покрытие наружных стен;
- исключить незаконную установку радиаторов, подключённых к системе отопления дома, в местах, не предусмотренных проектом системы отопления дома (установка радиаторов на балконах, установка дополнительных радиаторов в квартирах).

Тенденция дальнейшего снижения потерь тепловой энергии в новостройках и падения энергоэффективности жилых зданий старой постройки должна быть интересна сотрудникам монтажных компаний и специалистам проектировочным фирм — с точки зрения поиска потенциальных клиентов, формирования акцентов и понимания потребностей целевой аудитории в рамках ведения маркетинговой деятельности. ●

1. Петербургским домам ставят «оценки»: что такое класс энергоэффективности и зачем он нужен [Электр. текст]. Агентство «Диалог» от 20.09.2019. Режим доступа: topdialog.ru. Дата обращ.: 08.10.2019.
2. Чичерин С.В. Альтернативная энергетика — переходим от слов к делу? // Журнал С.О.К., 2019. №7. С. 35–37.
3. Дрига Н.Ф. ВИЭ-проект: жилой дом с автономным энергоснабжением // Журнал С.О.К., 2019. №4. С. 58–59.
4. Цена, завязанная на сети [Электр. текст]. «Коммерсантъ»: Элитная недвижимость. Прил. №160 от 05.09.2019. Режим доступа: kommersant.ru. Дата обращ.: 04.10.2019.
5. Бородкин А.А. Особенности построения систем кондиционирования воздуха киносъёмочных павильонов // Журнал С.О.К., 2019. №6. С. 52–55.

На правах рекламы.

Be sure. testo

Оптимальный выбор для любой задачи

Тепловизор testo 868
обладает лучшим качеством изображения в своем классе

- Связь с мобильным приложением по WiFi
- Разрешение до 320x240 пикселей с технологией SuperResolution
- Объективное сравнение термограмм и автоматическое определение коэффициента излучения с функциями testo ScaleAssist и ε-Assist

*С 01.09.2019 по 31.12.2019 снижена стоимость на тепловизоры testo 868 и другие модели

info@testo.ru • +7(495)221-62-13 • www.testo.ru

Обоснование конструкций из композитных материалов для создания малых и микро-ГЭС в условиях малых водотоков

Рецензия эксперта на статью получена 23.08.2019 [Expert review on the article received on August 23, 2019].

Малые водотоки формируют более 70 % поверхностного стока по всей площади России. На территории их водосбора находится большинство сельских и городских населённых мест, и для развития малой генерации наиболее перспективным является использование их гидропотенциала за счёт строительства малых и микро-ГЭС. Причинами, препятствующими их широкому внедрению, являются: высокая удельная стоимость; негативное воздействие на гидрологический режим малых водотоков; особые требования при строительстве на территории рекреационных объектов и природоохранных зон; высокая стоимость реконструкции стационарных гидроэлектростанций или её нецелесообразность при изменении антропогенных факторов и климатических условий [1–5].

Предлагается для равнинных малых водотоков, включающих малые реки и самотёчные каналы мелиоративных систем IV класса, создание типоразмерного ряда мобильных подпорно-регулирующих микро-ГЭС на базе низконапорной мембранно-вантовой плотины из композитных материалов с гибким рукавом, обеспечивающих: свободный пропуск водного потока в период половодий и паводков; мобильность; низкую материалоёмкость и стоимость; простоту монтажа и эксплуатации (рис. 1, табл. 1) [6–10]. Их применение позволит расширить использование местного стока для надёжного водо- и энергоснабжения сельскохозяйственных объектов и предприятий, в соответствии с требованиями экологической инфраструктуры России.

Для равнинных малых водотоков, в том числе малых рек и самотёчных каналов мелиоративных систем IV класса, предложено создание типоразмерного ряда мобильных подпорно-регулирующих микро-ГЭС на базе низконапорной мембранно-вантовой плотины из композитных материалов с гибким рукавом

УДК 627.8. Научная специальность: 05.14.08, 05.23.04.

Обоснование водоподпорных и водопроводящих конструкций из композитных материалов для создания малых и микро-ГЭС в условиях малых водотоков

Д. В. Кашарин, к.т.н., доцент, ведущий научный сотрудник; **М. А. Годин**, ассистент, кафедра «Водное хозяйство, инженерные сети и защита окружающей среды», Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова (ЮРГПУ, г. Новочеркасск)

В статье рассматриваются вопросы создания плотинных и деривационных малых и микро-ГЭС для условий малых водотоков с применением оболочечных конструкций из композитных материалов. Для создания плотинных и деривационных схем предлагаются конструкции мембранно-вантовых водоподпорных и гибких водопроводящих водоводов. Приведены теоретические и экспериментальные исследования водоподпорных и водопроводящих конструкций с использованием оболочечных элементов из композитных материалов, а также оптимизационное моделирование указанных выше конструкций в зависимости от условий работы и обеспечения минимальной их стоимости, снижения негативного воздействия на гидрологический режим малых водотоков и расширения использования их гидроэнергетического потенциала.

Ключевые слова: *малые и микро-ГЭС, малые водотоки, водоподпорные конструкции, водопроводящие сооружения, композитные материалы, мембранно-вантовые плотины, численное моделирование, экспериментальные исследования, водонаполняемое основание, водопроводящие сооружения, составной деривационный водовод, многокритериальная оптимизация.*

UDC 627.8. The number of scientific speciality: 05.14.08, 05.23.04.

Justification of water-supporting and water-conducting structures from composite materials for the development of small and micro hydroelectric power stations in small stream conditions

D. V. Kasharin, PhD, Associate Professor, leading researcher; **M. A. Godin**, assistant, the "Water Management, Engineering Networks and Environment Protection" Department, Platov South-Russian State Polytechnic University (Novocherkassk city)

This paper concentrates on the development of dam and derivation small and micro hydroelectric power stations for small streams using shell structures made of composite materials. For the development of dam and derivation schemes, membrane guyed water-supporting and flexible water supply conduits are offered. Theoretical and experimental studies of water-supporting and water-conducting structures using shell elements made of composite materials are presented, as well as optimization modeling of the above structures depending on working conditions and ensuring their minimum cost, reducing the negative impact on the hydrological mode of small streams and expanding the use of their hydropower potential.

Keywords: *small and micro hydroelectric power stations, small streams, water-supporting constructions, water-conducting constructions, composite materials, membrane guyed dams, numerical modelling, an experimental researches, pilot studies, the water filled bottom, a compound derivation conduit, multi-criteria optimization.*

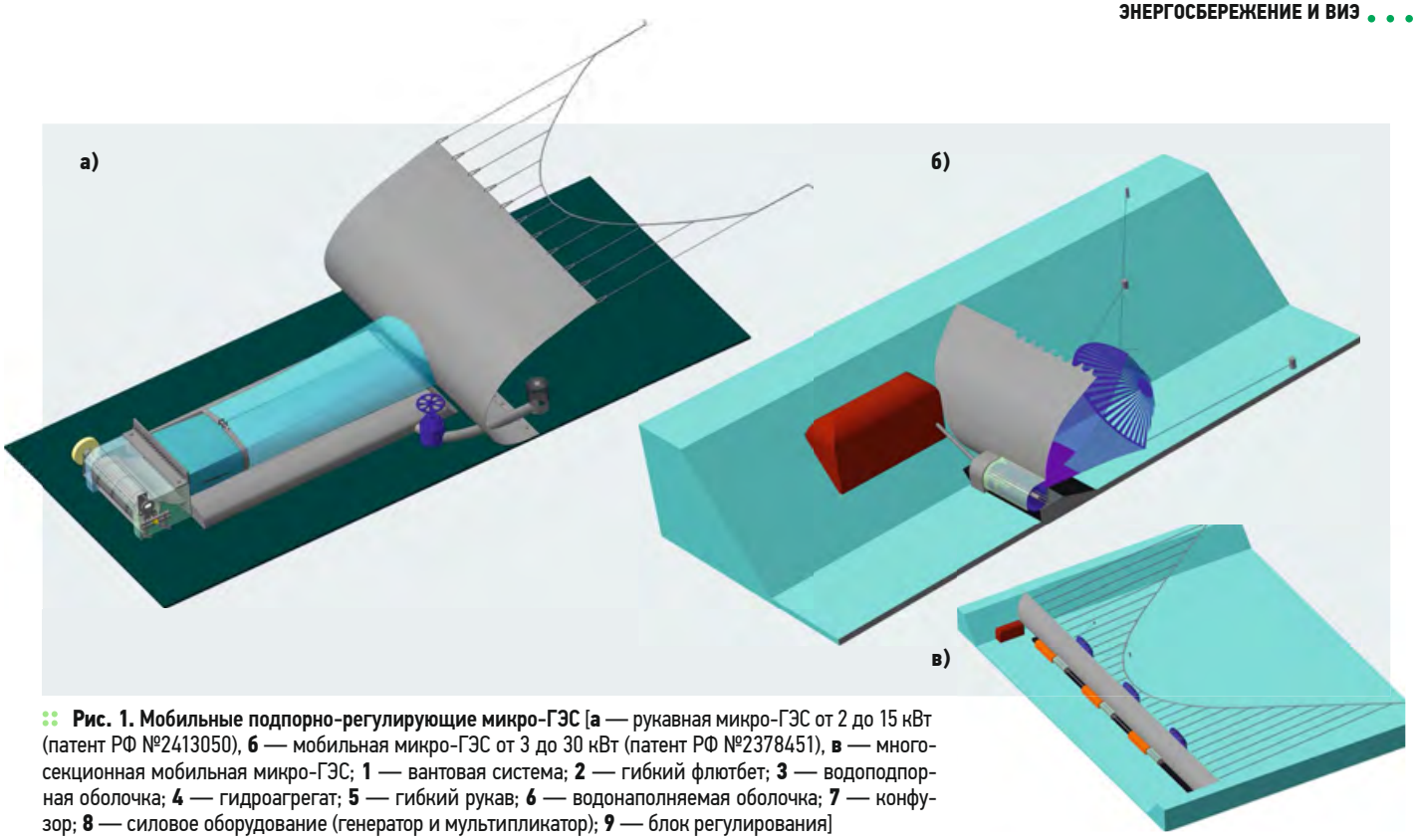


Рис. 1. Мобильные подпорно-регулирующие микро-ГЭС [**а** — рукавная микро-ГЭС от 2 до 15 кВт (патент РФ №2413050), **б** — мобильная микро-ГЭС от 3 до 30 кВт (патент РФ №2378451), **в** — многосекционная мобильная микро-ГЭС; **1** — вантовая система; **2** — гибкий флютбет; **3** — водоподпорная оболочка; **4** — гидроагрегат; **5** — гибкий рукав; **6** — водонаполняемая оболочка; **7** — конфузор; **8** — силовое оборудование (генератор и мультипликатор); **9** — блок регулирования]

Преимущества строительства микро-ГЭС на мелиоративных системах обусловлены следующими факторами:

- капиталовложения в строительство мобильных малых и микро-ГЭС из композитных материалов на регулируемых участках оросительно-обводнительной системы оказываются в несколько раз ниже, чем возведение металлических и бетонных конструкций;
- предлагаемые конструкции не нарушают конструктивной целостности водопроводящих сооружений и могут быть в случае необходимости установлены и демонтированы в кратчайшие сроки;
- обеспечивается локальное водообеспечение и энергообеспечение фермерских хозяйств и малых предприятий.

Основным ограничением использования в горной и предгорной зонах объектов малой гидроэнергетики являются сложные условия их строительства и значительное негативное воздействие на окружающую среду в природоохранных зонах.

Преимущества деривационных гидроэлектростанций: возведение без применения тяжёлой строительной техники; возможность применения оболочечных конструкций из композитных материалов; многократность использования; уменьшение негативного воздействия на окружающую среду

Характеристики мобильных микро-ГЭС на основе мембранно-вантовой плотины* табл. 1

Параметры	Мощность, кВт					
	5	10	15	25	50	100
Создаваемый напор, м	1–2	1–2	1–4	1–4	1–4	1–4
Удельные расходы, м²/с	0,03–0,06	0,04–0,07	0,03–0,08	0,04–0,09	0,08–0,14	0,15–0,30
Перекрываемый пролёт в русле водотока, м	5–10	5–20	10–20	10–30	10–40	10–40
Расход, м³/с	0,2–1,0	0,3–1,5	0,4–1,8	0,8–2,8	1,7–6,0	3,0–12,8
Срок службы, лет	10	10	15	20	20	20

Характеристики малых и микро-ГЭС с составным деривационным водоводом табл. 2

Параметры	Мощность, кВт								
	5	10	15	25	50	100	200	300	500
Обеспечение напора, м	5–10	15–20	12–30	20–100	50–200	70–250	100–150	100–200	100–200
Расход, м³/с	0,01–0,05	0,05–0,10	0,07–1,15	0,08–0,20	0,04–0,20	0,06–0,25	0,20–0,30	0,25–0,40	0,25–0,40
Срок службы, лет	8	8	12	15	20	25	25	25	25

* Из композитных материалов для равнинных малых водотоков.

В условиях малых горных рек строительство деривационных* малых и микро-ГЭС сопряжено со значительными трудностями: опасные геологические и метеорологические явления, а также отсутствие дорожной инфраструктуры в створах строительства водозаборных сооружений и по трассе водовода.

С учётом того, что бóльшая часть капиталовложений в случае деривационной схемы относится к строительству водозаборных и водопроводящих сооружений, авторами разработаны новые технические решения мобильных деривационных малых и микро-ГЭС сезонного действия. К преимуществам деривационных ГЭС перед постоянными относятся: возведение без применения тяжёлой строительной техники и использование местных строительных материалов; снижение стоимости конструкции и повышение её надёжности за счёт применения оболочечных конструкций из композитных материалов; многократность использования; уменьшение негативного воздействия на окружающую среду (табл. 2).

Технические решения по прокладке и закреплению деривационных водоводов (ДВ) в условиях сложного рельефа местности представлены на рис. 2. Типоразмерный ряд гидроагрегатов, применяемых для малых и микро-ГЭС (табл. 1 и табл. 2), показан на рис. 3 [3–4].

* Деривационное гидротехническое сооружение осуществляет отвод воды от русла реки по каналу или системе водоводов в различных целях, например, для подвода воды к другим гидротехническим сооружениям. Деривационные сооружения делятся на безнапорные (канал, тоннель, лоток) и напорные (трубопровод, напорный тоннель).

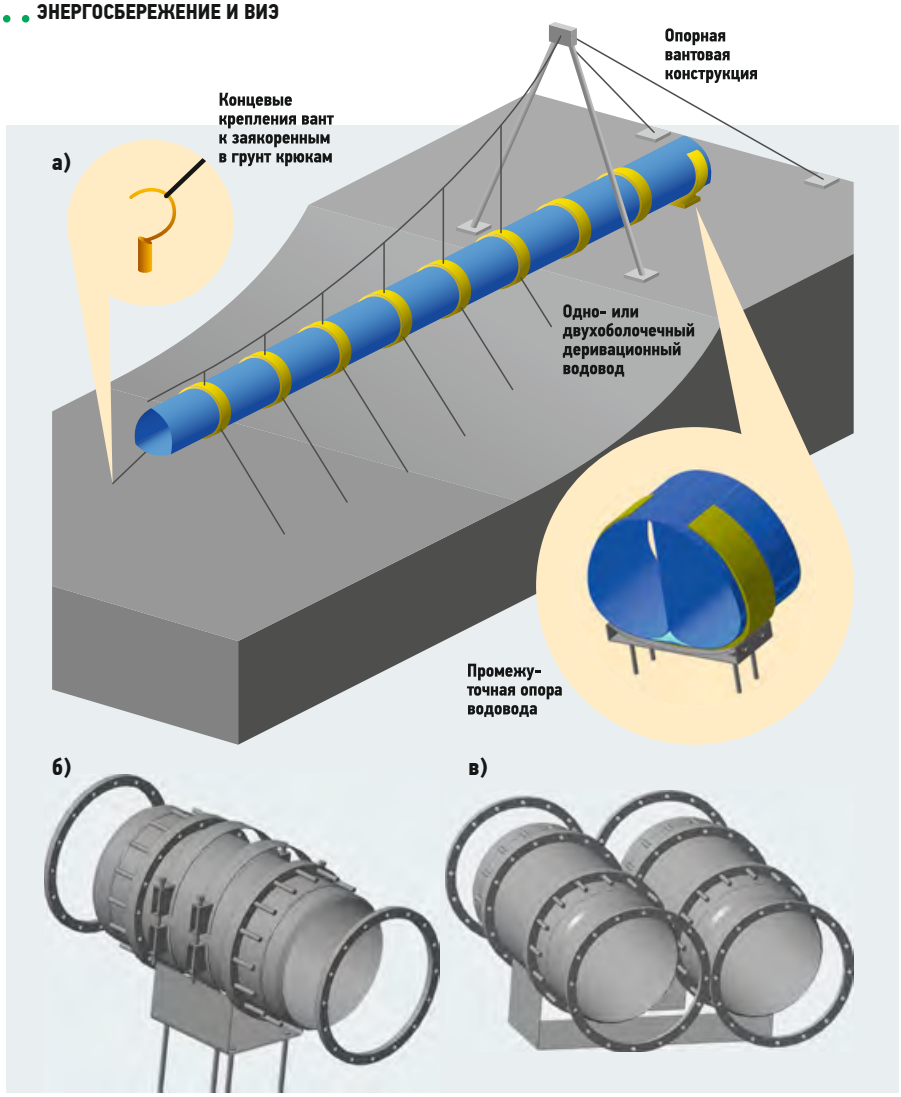


Рис. 2. Составной мобильный деривационный водовод (патент RU2667080C2) [гибкий участок деривационного водовода: **а** — промежуточная опора гибкого ДВ; **б** и **в** — соединение между секциями одно- и двухоболочечного водовода, соответственно]

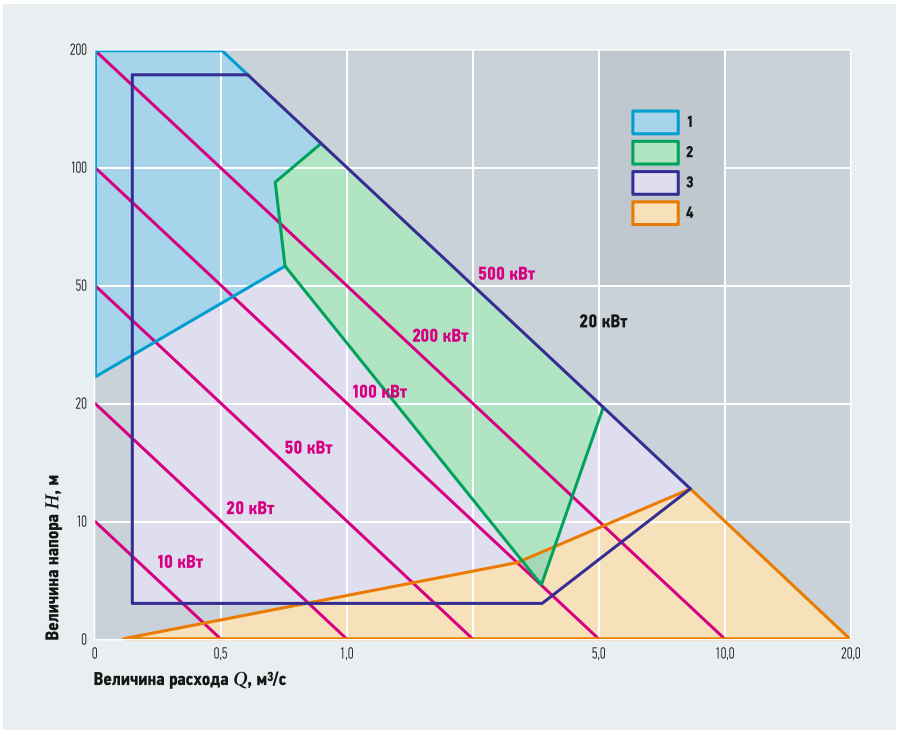


Рис. 3. Диапазоны применения различного турбинного оборудования для малых и микро-ГЭС [виды турбин: **1** — ковшовые или наклонно-струйные турбины (Тюрго); **2** — поперечно-струйные; **3** — радиально-осевые; **4** — пропеллерная или поворотно-лопастная турбины (Каплана)]

Для обоснования параметров рукавной мобильной микро-ГЭС мощностью от 2 до 15 кВт (патент РФ №2413050, рис. 1а) необходимо в дополнении к известному расчёту мембранно-вантовой плотины определить влияние сходящегося рукава конической формы на напряжённо-деформированное состояние водоподпорной оболочки. Для оценки воздействия водонаполняемого основания на положение и пропускную способность сооружения было проведено численное моделирование (ЧМ), результаты которого получили подтверждение при лабораторных исследованиях. Численное моделирование проводилось с использованием программного комплекса SolidWorks в приложениях Flow Simulation и Simulation, при этом учитывалась совместная деформация материалов водоподпорной оболочки и рукава (рис. 4).

Для оценки воздействия водонаполняемого основания на положение и пропускную способность сооружения с использованием программного комплекса SolidWorks в приложениях Flow Simulation и Simulation было проведено численное моделирование, результаты которого получили подтверждение при лабораторных испытаниях

В результате проведения ЧМ были получены начальная форма основных элементов конструкции мобильного регулирующего сооружения рукавного типа (МРСРТ) и распределение максимальных напряжений, что позволило внести в техническое решение следующие коррективы: изменение относительной высоты закрепления рукава и определение участков для установки рёбер жёсткости в местах соединения рукава с водоподпорной оболочкой и гидроагрегатом.

На основе результатов численного моделирования с учётом динамики потока были выявлены эксплуатационные режимы по регулированию уровня воды в верхнем бьефе, исключающего захват воздуха со стороны верхнего бьефа и образование зон пониженного давления непосредственно в рукаве.

На рис. 4в показаны линии тока, позволяющие дать наглядное представление о скоростной структуре потока внутри рукава, что позволило уточнить форму и место закрепления рукава, а также определить действующую на его стенки гидродинамическую нагрузку.

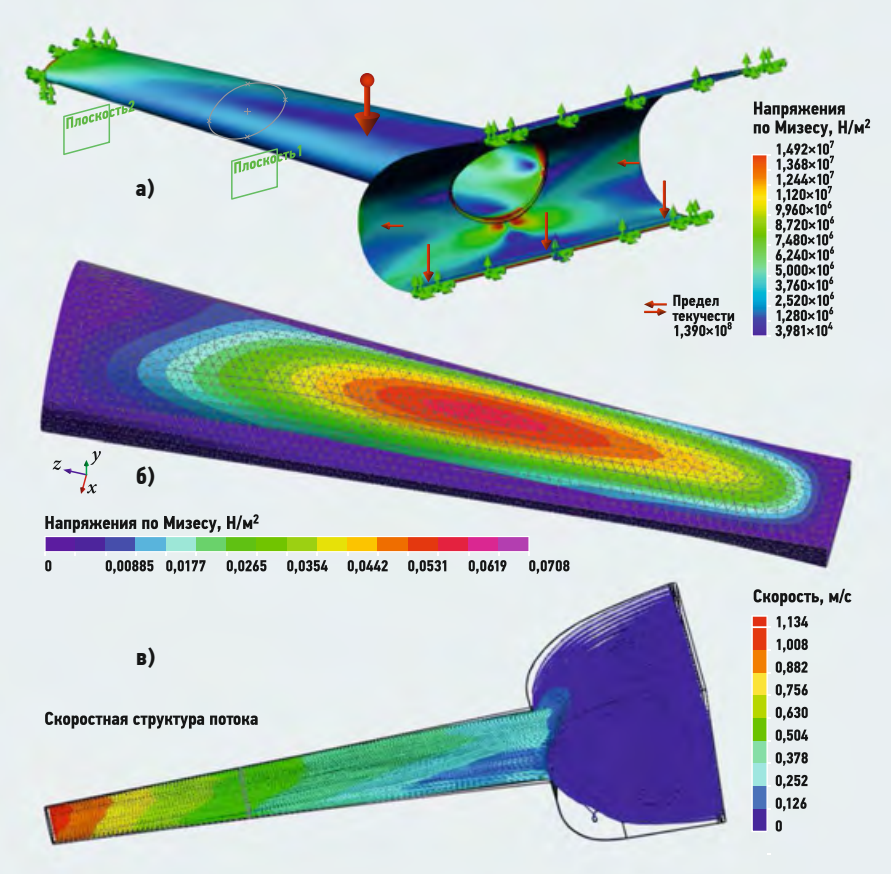


Рис. 4. Максимальные напряжения по Мизесу при статической нагрузки с использованием параметров физической модели при напоре 0,5 м (а — рукав с водоподпорной оболочкой, **б** — рукав, вид снизу, **в** — скоростная структура потока для расхода 0,015 м³/с, проходящего через проточные элементы конструкции МРСРТ)

При помощи комплекса контрольно-измерительной аппаратуры определялись: уровни воды в верхнем и нижнем бьефах; расход воды; форма водоподпорной оболочки; гидродинамические давления в рукаве и на гидроагрегате; гидростатическое давление в водонаполняемом основании; скоростная структуру потока, а также частота вращения гидроагрегата при различных гидравлических условиях работы и моментах на валу турбины [8].

В результате анализа результатов экспериментального исследования форм оболочки при различных условиях организации водовода установлено, что при отсутствии водонаполняемого основания нагрузка на водоподпорную оболочку увеличивается, а в случае наличия её наполнения влияние пренебрежимо мало. При полном наполнении рукава происходит деформация и снижение пропускной способности рукава. При статистической обработке данных по гидравлическим условиям работы конического рукава получена следующая регрессионная зависимость коэффициента расхода μ от числа Рейнольдса *Re*, автомодельность по которому не была достигнута в изучаемом диапазоне скоростей потока:

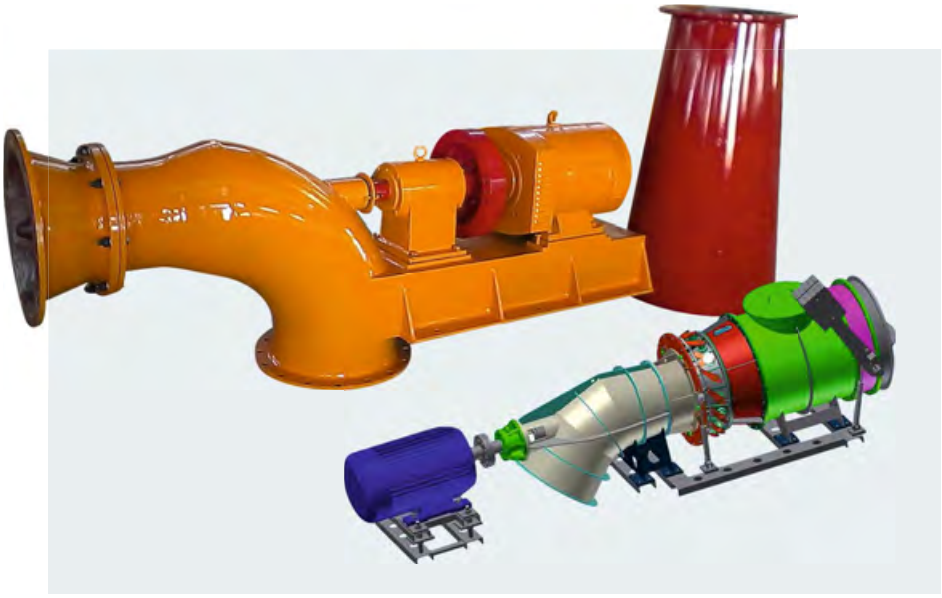
$$\mu = 21{,}518\lg(ReL_p) + 2{,}345L_p^2 - 109{,}995L_p + 9{,}467\times10^3 - 3{,}948\times10^3\lg(Re) + 411{,}74\lg(Re^2).$$

Конструкции плотинных схем могут использоваться и в плотинно-деривационных схемах. В ходе проведения экспериментальных исследований было установлено, что при работе сооружения без водонаполняемого основания рукава нагрузка на водоподпорную оболочку увеличивается за счёт влияния его веса, а потери напора при установке клапана максимального давления на водоводе водонаполняемого основания снижаются на 5 % по сравнению с установкой без него.

Наклонно-струйная турбина (турбина Тюрго)

Требуемое расчётное положение рукава обеспечивается водонаполняемым основанием при оснащении его клапаном максимального давления, причём давление в нём создаётся за счёт напора в верхнем бьефе.

При проектировании деривационного водовода (рис. 2) на верховых участках его трассы при напорах до 50–60 м используют гибкие безмоментные водонаполняемые оболочки (далее — водонаполняемые оболочки) из композитных материалов, в том числе на водонаполняемом или грунтонаполняемом основаниях. Для изготовления нижерасположенных участков используют полимерные и стальные трубопроводы [9]. Главным отличием гибких водонаполняемых оболочек деривационного водовода от жёстких является взаимосвязь их формы с внутренними и внешними нагрузками, а также граничными условиями.



Пропеллерные турбины для малых и микро-ГЭС

Поэтому расчёт замкнутых водоподпорных оболочек производится с учётом изменения их формы, в зависимости от гидродинамического воздействия потока на водонаполняемую оболочку ДВ и условий крепления и характеристик основания оболочки.

Существующие аналитические решения могут обеспечить только приближённые решения моделирования мягких оболочек в условиях больших перемещений. В то же время программный комплекс Ansys позволяет рассчитывать методом итерационного приближения модели с геометрической нелинейностью, в том числе Hyperelasticity с Large Strains и Large Deflections, с учётом гидродинамического воздействия и взаимодействия с контактной поверхностью [4]. Для моделирования оболочки и основания использованы конечные элементы Shell181 и Solid185.

Для уменьшения эффекта закручивания гибкого деривационного водовода однооболочковой конструкции под действием поперечных циркуляций, обеспечения достаточной устойчивости и надёжности работы рекомендуется применять многооболочковые конструкции. Закрепление гибкого участка ДВ опорной вантовой системой предусматривается при прокладке деривационного водовода по оползневым участкам, а также при уклонах более 45° по его трассе. Вантовые системы обеспечивают закрепление водовода на участках мощных аллювиальных отложений и оползневых явлений (рис. 2) [9, 10].

Следует отметить, что проектирование малых и микро-ГЭС коллективом с недостаточно высокой квалификацией, с учётом сложности расчёта нетиповых элементов в области больших перемещений для условий горного рельефа и опасных геологических и метеорологических явлений, может привести к критическим ошибкам. В связи с этим необходимо разработать систему принятия решения на основе многокритериальной математической модели (ММ) оптимизации малых и микро-ГЭС и интеллектуальной системы экспертной оценки.

Многокритериальная матмодель оптимизации малых и микро-ГЭС из композитных материалов предназначена для создания при проектировании оптимальной компоновки и параметров элементов малых и микро-ГЭС, обеспечивающих наилучшие технико-экономические показателями и надёжность функционирования всего сооружения в целом.

При создании малых и микро-ГЭС используем математическую модель с системным подходом. Системный подход

Поперечно-струйные турбины для малых и микро-ГЭС

позволяет объединить результаты численного моделирования (ЧМ) нетиповых элементов малых и микро-ГЭС с численными методами, пропорционально их значимости, в единую оптимизационную модель [11, 12].

При таком подходе нетиповые элементы микро-ГЭС составляют из отдельных подсистем, а затем интегрируют их в общее сооружение с учётом выбора типовых элементов. Например, водоподпорное сооружение является элементом головного узла малых и микро-ГЭС и включает в себя подсистему элементов: оболочку, вантовую систему, основание (понур), рисберму и т.д. Каждая из подсистем имеет свои целевые функции, критерии выбора и диапазон параметров. Такой подход означает, что каждая система является интегрированным целым даже тогда, когда она состоит из отдельных разобщённых подсистем.

Проектирование малых и микро-ГЭС коллективом с недостаточно высокой квалификацией, с учётом сложности расчёта нетиповых элементов для условий горного рельефа и опасных геологических и метеорологических явлений, может привести к критическим ошибкам

Для создания многокритериальной оптимизации (МКО) математической модели малых и микро-ГЭС осуществляем выбор метода МКО. Было принято решение использовать априорные методы, такие как сканирования с переменным шагом и случайных направлений, поскольку лицо, принимающее решение, при известном диапазоне параметров не всегда может предварительно определить свои предпочтения по техническому решению ГЭС данных видов. Оптимизация данными методами наименее требовательна к ресурсам персональных компьютеров.

В качестве основы для модификации метода скалярной свёртки используем метод взвешенных сумм. Суть его заключается в том, что многокритериальная задача оптимизации сводится к однокритериальной с помощью замены векторного критерия оптимальности, состоящего из нескольких частных критериев, одним обобщённым критерием, называемым целевой функцией. В этом случае, если есть несколько частных целевых функций, представленных в виде [12]:

$$CF_1 \to \min;\ CF_2 \to \min;\ \ldots;$$
$$CF_n \to \min, \qquad (1)$$

то они сводятся к нахождению минимума обобщённой скалярной целевой функции в общем виде:

$$CF_{\text{общ}} = \alpha_1 \frac{CF_1}{CF_{1.\text{эт}}} + \alpha_2 \frac{CF_2}{CF_{2.\text{эт}}} + \ldots + \alpha_n \frac{CF_n}{CF_{n.\text{эт}}} + Shtraf \to \min, \qquad (2)$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$ — весовые коэффициенты при частных целевых функциях; $CF_{1.\text{эт}}, CF_{2.\text{эт}}, \ldots CF_{n.\text{эт}}$ — значения частных целевых функций для эталонного состояния микро-ГЭС (данные значения нужны, чтобы использовать скалярную свёртку безразмерных величин); *Shtraf* — штрафная функция, которая принимает большие значения при невыполнении каких-либо ограничений на параметры микро-ГЭС и равна нулю при выполнении всех ограничений:

$$Shtraf = \begin{cases} 10^{10} & \text{при невып. ограничений;} \\ 0 & \text{при вып. ограничений.} \end{cases}$$

Рис. 5. Испытание секции деривационного водовода длиной 60 м на водонаполняемом основании на реке Гизельдон в Республике Северная Осетия (Алания)

Например, в инвариантной форме математической модели мембранно-вантовой плотины в виде системы уравнений целевых функций, согласно уравнению (1), выражается в следующем виде:

$$\begin{cases} \dfrac{h_{вб}}{L} = f\left(\varphi_{гр}; \varphi_{кр}\right) \to \min; \\ C_р = f\left(N; L; B; R\right) \to \min; \\ \dfrac{N_т}{B} = f\left(R_а; f; N_т\right) \to \min. \end{cases} \quad (3)$$

где $h_{вб}/L$ — относительная глубина в верхнем бьефе к периметру оболочки L; $N_т/B$ — отношение погонного натяжения к перекрываемому пролёту; $C_р$ — относительная стоимость мембранно-вантовой плотины по отношению к железобетонной плотине; $R_а$ — радиус вантовой системы мембранно-вантовой плотины; $\varphi_{гр}$ и $\varphi_{кр}$ — углы крепления гребня и основания незамкнутой оболочки мембранно-вантовой плотины.

В соответствии с инвариантными формами выражений (3), (4) составляем последовательность расчёта оптимизационной модели водоподпорной оболочки мембранно-вантовой плотины и её оптимальных параметров.

При решении главной проблемы выбора оптимальных параметров малых и микро-гидроэлектростанций рассматривается множество вариантов альтернативных решений компоновки элементов, а также параметров, состоящих из замкнутых и незамкнутых оболочек, созданных с применением композитных материалов, характеристик различных заполнителей, а также проводится их сравнение с традиционными элементами.

Структура многоступенчатой оптимизации малых и микро-ГЭС построена по агрегатному принципу и содержит пять уровней [4]:

- 1-й уровень — анализ и оптимизация исходных данных, выбор критериев и ограничений для элементов малых и микро-ГЭС и сооружение инженерной защиты;
- 2-й уровень — построение ММ элементов малых и микро-ГЭС;
- 3-й уровень — однокритериальная оптимизация параметров малых и микро-ГЭС по одноцелевым функциям элементов малых и микро-ГЭС;
- 4-й уровень — многокритериальная оптимизация параметров малых и микро-ГЭС по многоцелевым функциям элементов малых и микро-ГЭС;
- 5-й уровень — окончательные расчёты выбранного сооружения (конструкции) и его элементов с применением разработанных методик расчёта.

Проведённые натурные испытания секции двухоболочечного деривационного водовода протяжённостью 60 м из материала Unisol 900 показали удовлетворительную — до 15% по максимальным напряжениям и 12% по пропускной способности — сходимость с численным моделированием (рис. 5).

Река Гизельдон в Алании

Выводы

1. Разработанные технические решения малых и микро-ГЭС позволят расширить использование гидроэнергетического потенциала малых водотоков, не выходя за допустимые пределы.

2. При проведении численного моделирования и экспериментальных исследований определены основные диапазоны использования, допустимые условия строительства и область применения разработанных технических решений.

3. Обоснована необходимость применения многокритериальной оптимизации малых и микро-ГЭС в процессе принятия решения и создана обобщённая структура оптимизационной математической модели ГЭС данных типов.

1. Перспективы использования микро-ГЭС в горной промышленности Дальнего Востока / Дышин А.В., Тонких А.И., Осипов В.А. и др.; под общ. ред. А.В. Андреева // Освоение георесурсов российского Дальнего Востока и стран Азиатско-Тихоокеанского региона. Отдельные статьи: Горный информационно-аналитический бюллетень (науч.-техн. журнал). 2016. №10 (спец. вып. №28). С. 29–35. — М.: Изд-во «Горная книга», 2016. 40 с.
2. Крылов А.П., Бакштанин А.М. Новые концепции в развитии микро-гидроэнергетики. Гидравлика в напорных водоводах микро-ГЭС // Природообустройство, 2017. №5. С. 8–14.
3. Hossein Naeimi, Mina Nayebi Shahabi, Sohrab Mohammadi. A comparison of prediction methods for design of pump as turbine for small hydro plant: Implemented plant. Earth and Environmental Science. IOP Conference Series. 2017. Vol. 83. Pp. 1–7.
4. Renata Archetti. Micro hydroelectric power. Feasibility of a domestic plant. 2011 International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities. Bologna, Italy. Procedia Engineering. 2011. Vol. 21. Pp. 8–15.
5. Красногорская Н.Н., Нафикова Э.В., Белозерова Е.А., Тунакова Ю.А., Кузнецова О.Н. Использование малой гидроэнергетики как экологичного и энергоэффективного альтернативного источника энергии // Вестник технологического университета, 2015. Т. 18. №18. С. 234–236.
6. Kasharin D.V. Designing decentralized water and electricity supply system for small recreational facilities in the South of Russia. IOPscience. Web-source: iopscience.iop.org. Access data: June 5, 2019.
7. Патент РФ №2607650. МПК E02B 9/02. Составной мобильный деривационный водовод и способ его возведения / Кашарин Д.В., Годин М.А.; патентообл. ООО «Импульс», №2015106761; заявл. 26.02.2015; опубл. 20.09.2016. Бюл. №26.
8. Годин М.А. Экспериментальные исследования и научное обоснование параметров мобильных регулирующих сооружений рукавного типа // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2018. Т. 288. С. 66–74.
9. Kasharin D.V. Using biopositive constructions made of composite materials in water and electricity supply for recreational facilities. IEEE Xplore. Web-source: ieeexplore.ieee.org. Access data: June 5, 2019.
10. Кашарин Д.В. Защитные инженерные сооружения из композитных материалов в водохозяйственном строительстве: монография. — Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. 343 с.
11. Kasharin D.V. Intelligent decision support systems in the design of mobile micro hydropower plants and their engineering protection. Proc. of the First International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry". 2016. Pp. 239–248. Advances in Intelligent Systems and Computing. Springer. 2019. Vol. 451.
12. Kasharin D.V. Optimizing the parameters of water-retaining protective structures under small stream conditions. Procedia Engineering. 2016. Vol. 150. Pp. 1804–1810.

References — see page 95.

Оптимизация выбора теплоизоляционного материала для наружных ограждений

Актуальность проблемы снижения энергопотребления является первостепенной при проектировании объектов жилищного фонда. При неуклонном росте издержек на энергоснабжение предприятия, обслуживающие жилые дома, вынуждены внедрять энергосберегающие технологии и принимать прочие меры по повышению энергетической эффективности.

Автор: Т.И. ЛОХВИНСКАЯ, к.т.н., доцент; Е.Р. ВУДВУД, студентка магистратуры, Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им. Т. Г. Шевченко» (Приднестровская Молдавская Республика)

Энергосберегающие технологии решают задачи экономии энергоресурсов, уменьшения загрязнения окружающей среды, увеличения рентабельности предприятий. Повышение энергетической эффективности зданий — результат применения комплексных архитектурно-строительных решений.

Законодательные нормы стран Скандинавии в строительстве учитывают экономические интересы собственников жилья и инвесторов. При этом энергосберегающие технологии позволяют повысить уровень энергоэффективности с помощью применения эффективной теплоизоляции.

Анализируя мероприятия по повышению энергетической эффективности зданий и сооружений нашего города, мы пошли по пути оптимизации широкого ассортимента стройматериалов и тепловой изоляции, представленного на рынках нашего города, и небольшого перечня материалов, предлагаемых производителями. Теплотехническим расчётом определялись толщина предлагаемого теплоизоляционного слоя и общая толщина ограждающей конструкции с учётом необходимых санитарно-гигиенических и комфортных условий микроклимата.

Обязательным условием определения расхода материалов было проведение анализа технологии изготовления теплоизоляционного материала, теплотехнических характеристик и определения степени экологической безопасности.

Был изучен ассортимент теплоизоляционных материалов оптовых рынков для строительной отрасли Приднестровской Молдавской Республики (ПМР): пенопласт плотностью 20 и 50 кг/м^3, каменная вата плотностью 40 и 90 кг/м^3.

Стоимость пенопласта плотностью 20 кг/м^3 составляет 13,8 руб. ПМР за 1 м^2, пенопласт плотностью 50 кг/м^3 — 46 руб. ПМР за 1 м^2. Стоимость каменной ваты плотностью 40 кг/м^3 составляет 61 руб. ПМР за 1 м^2, плотностью 90 кг/м^3 — 147 руб. ПМР за 1 м^2.

Законодательные нормы стран Скандинавии в строительстве учитывают экономические интересы собственников жилья и инвесторов. Энергосберегающие технологии позволяют повысить уровень энергоэффективности с помощью применения эффективной теплоизоляции

Пенопласт изготавливается из пенополистирола посредством его вспенивания. Практически на 98 % он состоит из газа. Каменная вата — минеральная вата, изготовленная из расплава горных пород методом плавления при температуре свыше 1500 °С и последующим распылением на волокна. Общие технические свойства исследуемых теплоизоляционных материалов — низкая теплопроводность, устойчивость к биологическому и химическому воздействию, сохранение первоначальных теплотехнических свойств каменной ваты, — в три раза выше, чем у пенопласта. Она обладает ветрозащитными и звукоизоляционными свойствами, имеет низкое водопоглощение, отличается простотой монтажа и использования. Каменная вата устойчива к влаге, обладает высокими свойствами шумопоглощения и пожаростойкостью.

Теплотехнический расчёт толщины теплоизоляционного слоя для наружного ограждения без окон размером 3,5×2,5 м проведён по установленной методике СНиП II-3–79* «Строительная теплотехника» и СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий».

Общие свойства исследуемых теплоизоляционных материалов — низкая теплопроводность, устойчивость к биологическому и химическому воздействию, сохранение первоначальных теплотехнических свойств каменной ваты, — в три раза выше, чем у пенопласта. Она обладает ветрозащитными и звукоизоляционными свойствами, имеет низкое водопоглощение

Теплотехнические показатели строительных материалов* табл. 1

Наименование материала	Плотность $\rho_п$, кг/м³	Теплопроводность λ, Вт/(м·°С)	Теплоусвоение σ (за 24 ч), Вт/(м²·°С)	Паропроницаемость μ, мг/(м·ч·Па)
Штукатурка (известково-песчаная)	1600	0,47	9,76	0,12
Пенопласт / каменная вата	20/50 40/90	0,037/0,041 0,048/0,056	0,33/0,77 0,48/0,73	0,03/0,23 0,60/0,56
Плиты из пиленого известняка	1800	0,70	11,77	0,075
Штукатурка (цементно-песчаная)	1800	0,58	11,09	0,09

* Для предлагаемой четырёхслойной наружной стены.

Итоги теплотехнического расчёта табл. 2

Теплоизоляционный материал	Толщина теплоизоляционного материала, мм	Предварительная толщина слоя утеплителя, мм	Расход материала	Цена, руб.
Пенопласт (ρ = 20 кг/м³)	20	35	18	248
Пенопласт (ρ = 50 кг/м³)	50	40	9	414
Каменная вата (ρ = 40 кг/м³)	50	45	9	549
Каменная вата (ρ = 90 кг/м³)	50	50	9	1323

Исходные данные:
$t_в = 18$ °С; $t_н = t_{х.с} = -22$ °С; $Z_{о.п} = 163$ сут.; $t_{о.п} = +0{,}7$ °С; $n = 1$; $\Delta t_н = 4$ °С; $\alpha_в = 8{,}7$ Вт/(м²·°С); $\alpha_н = 23$ Вт/(м²·°С); $r = 0{,}7$.

Конструктивное решение проектируемого ограждения позволяет обеспечить необходимые санитарно-гигиенические и комфортные условия микроклимата, требуемое сопротивление теплопередаче $R_0^{тр}$, (м²·°С)/Вт:

$$R_0^{тр} = \frac{(t_в - t_н)n}{\Delta t_н \alpha_в}; \quad (1)$$

$$R_0^{тр} = \frac{(18 + 22) \times 1{,}0}{4{,}0 \times 8{,}7} = 1{,}02 \text{ (м}^2\text{·°С)/Вт}.$$

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП), °С·сут.:

$$ГСОП = (t_в - t_{оп}) Z_{оп}, \quad (2)$$

$$ГСОП = (18 - 0{,}7) \times 163 = 2820 \text{ °С·сут}.$$

Приведённое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций соответствует теплозащитным свойствам $R_0^{пр} = 1{,}164$ (м·°С)/Вт.

Четырёхслойная конструкция наружного ограждения: штукатурка известково-песчаная, плиты из пиленого известняка, штукатурка цементно-песчаная. Утеплитель предлагался четырёх видов: пенопласт плотностью 20 и 50 кг/м³; каменная вата плотностью 40 и 90 кг/м³.

Основные теплотехнические показатели строительных материалов для предлагаемой четырёхслойной наружной стены приведены в табл. 1.

Предварительная толщина слоя утеплителя:

$$\delta_{ут} = \left\{ \frac{R_{0j}^{тр(пр)}}{r} - \left[\frac{1}{\alpha_в} + \sum \left(\frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) + \frac{1}{\alpha_н} \right] \right\} \lambda_{ут}. \quad (3)$$

Расчёты по данной формуле дают величины $\delta_{ут}$: 35, 40, 45 и 50 мм.

Расход материала и затраты на утепление стены площадью 9 м² в рублях Приднестровской Молдавской Республики (табл. 2) даёт понимание проблемы выбора теплоизоляционного материала, которую можно решить в ходе конструктивного диалога между проектировщиком и заказчиком проекта реконструкции наружных ограждений сооружений.

1. СНиП ПМР 41-01–20011*. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
2. СНиП II-3–79*. Строительные нормы и правила. Строительная теплотехника. — М., 1995.
3. Щекин Р.В. и др. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Кн. I: Отопление и теплоснабжение. Изд. 4-е, перераб. и доп. — Киев: Будівельник, 1976. 416 с.
4. Щекин Р.В. и др. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Кн. II: Вентиляция и кондиционирование воздуха. Изд. 4-е, перераб. и доп. — Киев: Будівельник, 1976. 352 с.
5. Теплофизика зданий: Методические указания / Сост. Т.И. Лохвинская. — Бендеры, 2019. 59 с.

О молекулярном генераторе тепловой энергии нового поколения АТП-ТермаРОН

В предлагаемой статье приводится информация о теплогенераторе, обладающем повышенной энергоэффективностью и работающем на основе малоизученных физических процессов. Однако, по мнению авторов, последнее не даёт повода отказываться от практической работы над совершенствованием устройства и от использования генератора на реальных объектах.

Авторы: В.А. ТОЛСТОЛУГОВ, к.т.н., доцент, почётный работник ЖКХ России, генеральный директор научно-производственной фирмы ООО «ЭкоМИРТ»; В.С. КАЗЕЙКИН, к.т.н., председатель секции по энергосбережению Экспертного совета Комитета по жилищной политике и ЖКХ Государственной Думы РФ, член Экспертного совета при Правительстве РФ, первый вице-президент Международной ассоциации фондов жилищного строительства и ипотечного кредитования (МАИФ)

Немного истории

17 июля 1998 года — дата основания научно-производственного предприятия ООО «ЭкоМИРТ», созданного с целью разработки и реализации инновационных, энергосберегающих, экономичных и экологически безопасных технологий в области теплоэнергетики, экологии.

16 апреля 1999 года — дата создания «Лаборатории энергосберегающих технологий» («ЛЭТ ГАСИС») при Государственной академии специалистов инвестиционной сферы (ГАСИС).

Принято решение о разработке с последующей коммерциализацией генераторов тепла, работающих от электрической энергии, для населения, объектов жилищно-коммунального хозяйства, транспорта, социального и культурного назначения, здравоохранения, а также оборонного комплекса и др.

В течение периода с 1999 по 2005 годы были выполнены научно-исследовательские работы по анализу текущего состояния топливно-энергетического комплекса России, а также рынка производства и сбыта теплогенераторов различного назначения, в том числе устройств так называемой «альтернативной энергетики», как в ближнем, так и в дальнем зарубежье.

В результате выполненных научно-исследовательских работ были установлены связи и контакты с ведущими учёными, разработчиками и производителями новой техники в области теплоэнергетики и определены основные типы теплогенераторов, работающих на основе использования электрической энергии. Для каждого типа генераторов тепловой энергии выявлены свои достоинства и недостатки. С учётом этого было принято решение объединить положительные свойства каждого из типов в единой модели.

Этапы совершенствования АТП

В 2008 году в здании академии ГАСИС в рамках «Лаборатории энергосберегающих технологий» был смонтирован и испытан первый образец молекулярного реактора АТМ, в котором были реализованы кавитационно-вихревые и поляризационные процессы комплексного воздействия на теплоноситель.

Зафиксированы положительные результаты по генерации тепловой энергии, то есть на 1 кВт затраченной электрической энергии был получен 1,5–2 кВт тепловой энергии.

Было принято решение о разработке с последующей коммерциализацией генераторов тепла, работающих от электрической энергии, для населения, объектов ЖКХ, транспорта, социального и культурного назначения, здравоохранения, оборонного комплекса и др.

В 2009–2012 годах на базе технопарка Академии ВЭГУ (город Сочи) было разработано следующее поколение одно-, двух- и трёхфазных молекулярных теплогенераторов с включением в процесс теплогенерации новых факторов, а именно: волнового резонансного, ионизационного и молекулярно-кластерного, сопровождающегося разрывом молекулярных связей на уровне молекул H_2O и их кластеров с образованием озона O_3.

Зафиксированы новые положительные результаты генерации тепловой энергии, то есть на 1 кВт затраченной электрической энергии было получено 2,5–3 кВт тепловой энергии.

От редакции

Данный материал размещён в рамках обязательной оговорённой публикации материалов, предоставленных докладчиками конференции «Котельные на базе теплогенераторов малой и средней мощности: надёжность, энергоэффективность, модернизация и оптимизация затрат», прошедшей на выставке Aquatherm Moscow. По мнению авторов, *«пакет материалов о АТП-ТермаРОН на текущий момент обрёл необходимый объём и отражает возможности и потенциал устройства»*.

Редакция уведомляет читателей, что статья публикуется как дискуссионная. В рамках конференции презентация устройства вызвала противоречивую реакцию специалистов. Подчас противоположные мнения высказывались и высказываются экспертами вплоть до сегодняшнего дня. В связи с данными обстоятельствами редакция журнала С.О.К., мнение которой основывается на классической научной школе, не берёт на себя ответственности за факты, изложенные в статье. Эту ответственность несут исключительно авторы размещённого материала. Кроме того, редакция готова предоставить страницы издания для публикации любых профессиональных отзывов и мнений о рассматриваемой разработке.

Первый образец молекулярного реактора АТМ, смонтированный в 2008 году

15 июня 2012 года был получен патент на полезную модель №123119 «Устройство для производства тепловой энергии», в которой нагрев текучей среды обеспечивается объёмными волновыми отражателями (резонаторами) параболического типа, установленными внутри корпуса теплогенератора и связанными со средствами настройки их колебаний, отличающиеся тем, что в трубопровод подачи теплоносителя в теплогенератор введён ускоритель-активатор в форме сопла Лаваля, который не имеет механических движущих частей. При этом между упомянутым ускорителем-активатором и входным патрубком корпуса теплогенератора смонтирован тангенциальный завихритель.

Повышение степени активации теплоносителя в корпусе теплогенератора достигнуто в результате совместного воздействия на него специально сконфигурированного матричного магнитного поля, организованного с использованием секционированных сверхсильных магнитов NeFeB и кавитатора. Теплогенератор отличается от прототипов комплексным, синергетическим многофакторным воздействием на теплоноситель в результате совмещения управляемых физико-химических процессов, происходящих в резонансных камерах, а именно: имплозионного, ионизационного, озонолиза, молекулярно-кластерного, широтно-импульсного, поляризационного, кавитационно-вихревого, волнового резонансного и импульсного.

В работе молекулярного котла АТП-ТермаРОН электричество лишь выполняет функцию катализатора процессов, реализуемых внутри котла.

В 2012 году были изготовлены, смонтированы и налажены три трёхфазных комплекта АТМ-Сочи (прототип АТП-ТермаРОН) во многоквартирном пятиэтажном доме в городе Адлере.

Автоматизированный тепловой пункт модульного типа серии АТМ-Сочи, выполненный в соответствии с ТУ 493811-002-18522064–2013, а также требованиями ГОСТ 2.601.2013, показал себя надёжным, высокоэффективным, экологически безопасным источником тепловой энергии и горячей воды для целей отопления и горячего водоснабжения многоквартирного дома, с высоким уровнем автоматизации работы в дискретном режиме. Интегральный коэффициент эффективности теплового пункта АТМ-Сочи, в сравнении с нормативами, установленными Региональной энергетической комиссией (РЭК) Краснодарского края, составил величину 2,0.

В патенте на полезную модель №123119 нагрев текучей среды обеспечивается объёмными волновыми отражателями (резонаторами) параболического типа, установленными внутри корпуса теплогенератора

Первый теплогенератор АТМ-Сочи, изготовленный и смонтированный в 2013 году

В октябре 2013 года был изготовлен, смонтирован и налажен один трёхфазный теплогенератор АТМ-Сочи в Волоколамском районе Подмосковья на объекте по промышленному производству облицовочной плитки.

Теплогенератор по настоящее время работает в полном объёме, обеспечивая производство теплом, а обслуживающий персонал горячей водой.

В конце 2013 года были изготовлены, смонтированы и налажены автономные трёхфазные тепловые пункты АТМ-Сочи на следующих объектах города Адлера: шестиэтажный МКД на улице Ленина (д. 146), пятиэтажный МКД на Каспийской улице (д. 40).

Автоматизированный тепловой пункт модульного типа серии АТМ-Сочи

В 2015 году фирмой ООО «ЭкоМИРТ» был разработан АТП-ТермаРОН в мобильном исполнении. Он представляет собой автономный энергосберегающий тепловой пункт, размещённый в блок-контейнере, который работает от сети переменного однофазного 220 В (50 Гц) или трёхфазного тока 380 В (50 Гц) и предназначен для независимого обслуживания систем отопления (СО), горячего водоснабжения (ГВС), вентиляции и кондиционирования в многоквартирных домах, на объектах здравоохранения, образования, промышленного, сельскохозяйственного назначения, оборонного комплекса и транспорта.

Мобильный, передвижной АТП-ТермаРОН обеспечивает решение проблем тепловой энергетики в аварийных и нестандартных чрезвычайных ситуациях. Одной из основных задач, с которой приходится сталкиваться силам быстрого реагирования при ликвидации последствий природных и техногенных катастроф, является создание лагерей временного размещения пострадавших и обеспечение жизненных условий в них в максимально сжатые сроки. Аналогичные вопросы необходимо решать при организации лагерей для проведения изыскательских работ и экспедиций в труднодоступных районах.

В июле 2015 года фирмой ООО «ЭкоМИРТ» было получено свидетельство №15-561 на результат интеллектуальной деятельности (секрет производства, «ноу-хау») — автономный тепловой пункт модульного типа АТП-ТермаРОН, охраняемый в режиме коммерческой тайны.

«Ноу-хау» на АТП-ТермаРОН содержит полностью или частично конфиденциальные знания, включающие сведения технического, экономического, административного, финансового характера, которые применимы в производстве и профессиональной практике и обеспечены патентной защитой.

В объём «ноу-хау» на автономный тепловой пункт модульного типа АТП-ТермаРОН включены:

- опытные, незарегистрированные образцы изделий, машины аппараты, отдельные детали, инструмент, приспособления для обработки компонентов;
- техническая документация, включая формулы, расчёты, планы, чертежи, результаты опытов, перечень и содержание проведённых научно-исследовательских работ и их результаты;
- расчёты применительно к данному производству или технологии;
- данные о качестве материалов;
- инструкции, содержащие данные о конструкции, изготовлении или использовании продукта;
- производственный опыт, описание технологий.

В течение 2015–2018 годов компанией ООО «ЭкоМИРТ» было осуществлено создание технологического испытательного стенда на объекте по адресу: г. Москва, шоссе Энтузиастов, д. 10/2.

Выполнено полное конструктивное переформатирование молекулярных тепловых генераторов АТП-ТермаРОН применительно к условиям потребительского рынка. Разработана линейка одно-, двух- и трёхфазных молекулярных теплогенераторов тепловой мощностью 3–60 кВт.

Испытания нового поколения АТП-ТермаРОН на технологическом испытательном стенде показали, что за период работы с 24 марта по 6 апреля 2017 года (250 ч работы с учётом технологического перерыва на выходные дни) АТП-ТермаРОН потребил 282 кВт·ч электрической энергии, при этом объём генерации тепловой энергии оказался равным 872 кВт·ч.

Таким образом, коэффициент генерации тепловой энергии за наблюдаемый период составил 872/282 = 3,09.

В 2018 году фирмой ООО «ЭкоМИРТ» была разработана и успешно реализована система воздушного отопления объектов гражданского и промышленного назначения АТП-ТермаРОН/В. Объект находится в двухэтажном торговом центре в городе Москве (по адресу: ул. Дружниковская, д. 11а), площадь отапливаемых помещений составляет 540 м^2. АТП-ТермаРОН/В обеспечивает объект теплом без водяных труб и батарей отопления, приносит прохладу в помещения без комнатных сплит-систем, обеспечивает приток свежего воздуха без форточек.

В 2018–2019 годах фирмой ООО «ЭкоМИРТ» была разработана и сейчас готовится к промышленным испытаниям гибридная система отопления и горячего водоснабжения объектов АТП-ТермаРОН/ГС, сочетающая базовый модуль АТП-ТермаРОН с гелиосистемой, преобразующей энергию солнца в тепло.

Гелиосистема для отопления — это не автономная система, а дополнение к основной. Система отопления должна на 100% перекрывать потребности в тепловой мощности без использования солнечной энергии. То есть солнечные коллекторы можно рассматривать в качестве вторичного источника нагрева, как дополнительный котёл в системе отопления, который работает, когда на улице есть солнце. Средняя окупаемость гелиосистем по сравнению с затратами на газ, электричество или твёрдое топливо с учётом инфляции не превышает шести-семи лет, а срок службы оборудования гелиосистем составляет более 25 лет.

Система отопления и горячего водоснабжения на базе АТП-ТермаРОН со встроенным теплогенерирующим модулем АТМ-Терм представляет собой законченное энергоэффективное ядро системы отопления и горячего водоснабжения.

«Ноу-хау» на АТП-ТермаРОН

В объём «ноу-хау» на АТП-ТермаРОН включены:

- опытные, незарегистрированные образцы изделий, машины аппараты, отдельные детали, инструмент, приспособления для обработки компонентов;
- техническая документация, включая формулы, расчёты, планы, чертежи, результаты опытов, перечень и содержание проведённых научно-исследовательских работ и полученные результаты;
- расчёты применительно к данному производству или технологии;
- данные о качестве материалов;
- инструкции, содержащие данные о конструкции, изготовлении или использовании продукта;
- производственный опыт, описание технологий.

Преимущества АТП-ТермаРОН

1. Низкие массогабаритные параметры.
2. Гибко настраиваемый временной профиль температуры помещения (настраивается и перестраивается потребителем), глубина настройки — семь дней.
3. Высокий коэффициент полезного действия (КПД) — не менее 98 %.
4. Настраиваемый коэффициент генерации тепловой энергии в диапазоне от 1,5 до 3,5.
5. Безопасность (давление в первичном контуре АТМ-Терм не более 0,1 бар).
6. Защита от отключения электричества с его последующим автоматическим включением через любой интервал времени (восстановление работоспособности и выставленного режима после отключения и обратного включения электричества).
7. Защита от превышения тока и рабочей мощности посредством реле максимального тока или ограничителя мощности, имеющих гибкую схему регулировки.
8. Защита твердотельных реле от перегрева в случае остановки вентилятора.
9. Защита от короткого замыкания по каждой фазе.

Системы отопления и горячего водоснабжения на базе АТП-ТермаРОН всегда состоят из двух независимых контуров циркуляции теплоносителей:

1. Первичный контур, включающий генератор тепла (АТМ-Терм) и нагревающую сторону пластинчатого теплообменного аппарата (ПТА).

2. Вторичный контур — любое оборудование, необходимое для передачи и распределения тепловой энергии в доме (батареи водяного отопления, тёплый пол, воздуховоды):

- в первичном контуре используется обычная вода с уровнем минерализации 100–200 ppm;
- во вторичном контуре может использоваться оборудование любого типа, необходимое для передачи и распределения тепловой энергии в доме, — любые теплоносители и оборудование, в том числе специальный незамерзающий экологически безопасный реагент ЭкоСАН-Н/Б.

Генерация тепла происходит в молекулярном реакторе, затем переносится к теплообменному аппарату, где происходит передача тепловой энергии в контуры отопления и/или горячего водоснабжения.

АТМ-Терм работает в дискретном режиме под управлением микроконтроллера, анализирующего параметры температур теплоносителей первичного и вторичного контуров, температуры внутри помещения, а также управляющего включением и выключением генератора тепла АТМ-Терм в зависимости от фактических и заданных параметров теплоносителя и помещения.

Все компоненты автономного теплового модуля АТМ-Терм, изготавливаемые ООО «ЭкоМИРТ», имеют гарантированный срок службы три года при условии эксплуатации изделия в соответствии с инструкцией и его техпаспортом.

АТМ-Терм работает в дискретном режиме под управлением микроконтроллера, анализирующего параметры температур теплоносителей первичного и вторичного контуров, температуры внутри помещения, а также управляющего включением и выключением генератора тепла АТМ-Терм в зависимости от фактических и заданных параметров теплоносителя и самого помещения

АТМ-Терм может работать самостоятельно, а также в комбинации с другими теплогенерирующими устройствами.

Экологичность теплового модуля АТМ-Терм обеспечивается следующими базовыми параметрами:

- для получения тепловой энергии не требуется сжигать природное топливо (газ, пеллеты, уголь и т.п.), то есть отсутствуют продукты горения;
- в качестве теплоносителя используются только экологически безопасные реагенты.

АТП-ТермаРОН предназначен для построения и обслуживания систем отопления и горячего водоснабжения жилых домов, объектов здравоохранения, образования, жилищно-коммунального, промышленного, сельскохозяйственного назначения с местным и дистанционным управлением.

АТП-ТермаРОН является высокотехнологичным энергосберегающим теплогенерирующим электрическим аппаратом, работающим от одно- либо трёхфазной электросети переменного тока 220/380 В (50 Гц).

Аппаратные средства автономного теплового пункта АТП-ТермаРОН выпускаются в климатическом исполнении «умеренный и холодный климат» (УХЛ) для категории размещения 4 по ГОСТ 15150 в условиях работы при температуре окружающей среды от 0 до 40 °С и относительной влажности не более 95 % при температуре 30 °С.

Заключение по результатам мониторинга

Ниже приведены результаты анализа мониторинга работы автономных тепловых пунктов с генераторами тепловой энергии модульного типа серии АТП-ТермаРОН, предоставленные и подтверждённые следующими лицами:

1. Фурсаевым Д.В., д.ф.-м.н., доцентом, ректором Государственного университета «Дубна» (ГБОУ ВО Московской области «Университет «Дубна»).
2. Крюковым Ю.А., к.т.н., проректором по информатизации и инновационной деятельности Государственного университета «Дубна» (ГБОУ ВО Московской области «Университет «Дубна»).
3. Петровым В.А., д.ф.-м.н., профессором, советником генерального директора АО «НПП «Интеграл».

В рамках Договора о стратегическом партнёрстве от 25 февраля 2019 года №13-27у между НПФ ООО «ЭкоМИРТ» и ГБОУ ВО Московской области «Университет «Дубна» силами ООО «ЭкоМИРТ» с участием АО «НПП «Интеграл» (договор от 13 июля 2018 года №13-416у / 00-06 между Университетом «Дубна» и НПП «Интеграл») проведён камеральный анализ эффективности работы теплового пункта АТП-ТермаРОН (разработка и производство научно-производственной фирмы НПФ ООО «ЭкоМИРТ») в различных природно-климатических зонах РФ на основе личного участия в некоторых испытаниях и анализа представленных следующих материалов:

1. Отчёт по результатам мониторинга работы автономного теплового пункта с генераторами тепловой энергии модульного типа серии АТМ-Сочи в период эксплуатации с 5 января 2013 года по 4 июня 2014 года (17 месяцев) в городе Адлере.
2. Отчёт о работе электрического котла мощностью 4,2 кВт в здании МКД за период с 13 по 14 мая 2019 года на объекте по адресу: г. Москва, шоссе Энтузиастов, д. 10/2.
3. Отчёт о работе теплового пункта АТП-ТермаРОН на объекте «Парк Апрель» многоквартирного дома №34 (подъезды №1 и 2) за период с 28 октября 2018 года по 26 марта 2019 года в Наро-Фоминском районе Московской области (город Апрелевка, ул. Декабристов, д. 34).
4. Отчёт ООО «ЭкоМИРТ» о проведении испытаний автономного теплового пункта АТП-ТермаРОН в лаборатории НИУ МГСУ за период с 22 по 23 марта 2019 года.
5. Письмо ГАУ МО «Московская областная государственная экспертиза» от 6 июля 2018 года.

6. Протокол испытаний №17120692 от 19 декабря 2017 года в соответствии с требованиями ГОСТ ИСО/МЭК 17025–2009.
7. ТУ 485972-002-18522064–2017 на АТП-ТермаРОН от 21 ноября 2017 года.
8. Паспорт (инструкция по эксплуатации) на АТП-ТермаРОН от 25 сентября 2017 года.
9. Патент РФ №123119 «Устройство для производства тепловой энергии» от 15 июня 2012 года.
10. «Ноу-хау» АТП-ТермаРОН, свидетельство №15-561 от 22 июля 2015 года.
11. Диплом финалиста VI Международной премии «Малая энергетика — большие достижения». Номинация «Лучший проект в области малой энергетики мощностью до 5 МВт» от 7 декабря 2018 года.
12. Сертификат на автономный тепловой пункт «ТермаРОН» от 26 апреля 2019 года.
13. Описание основных физико-химических процессов, протекающих в АТП-ТермаРОН (синергетический эффект).
14. Фотоальбом некоторых объектов, на которых осуществлена реализация АТП-ТермаРОН за период с 2013 по 2019 годы.

Показатели АТП

По результатам экспертизы представленных материалов можно сделать выводы о том, что автономный тепловой пункт АТП-ТермаРОН прошёл апробацию в различных регионах России со следующими показателями:
1. Коэффициент генерации тепловой энергии за весь период мониторинга АТП-ТермаРОН на различных объектах в разных природно-климатических условиях находился в пределах от 2,3 до 4,6 единиц, что в среднем составляет 3,45.
2. Автоматизированный тепловой пункт модульного типа серии АТП-ТермаРОН, выполненный в соответствии с ТУ 485972-002-18522064–2017, а также требованиями ГОСТ 2.601–2013, показал себя за более чем пять лет практической эксплуатации надёжным, высокоэффективным, экологически безопасным источником тепловой энергии и горячей воды для целей отопления и горячего водоснабжения, работающий с высоким уровнем автоматизации в дискретном режиме.
3. Устройство соответствует требованиям пожарной безопасности, установленным в Федеральном законе РФ от 22 июля 2008 года №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и приказе МЧС РФ от 24 февраля 2009 года №91 «Об утверждении формы и порядка регистрации декларации пожарной безопасности».
4. При работе рассматриваемого агрегата полностью отсутствуют выбросы в атмосферу от продуктов сгорания, отсутствуют все виды негативных излучений — микроволнового, радиационного, полевого и др.
5. Автономный генератор тепловой энергии не создаёт недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам, так как переходные процессы в цепях электропитания при коммутациях импортными силовыми выключателями и разъединителями полностью соответствуют Директиве 2004/108/ЕС Европейского парламента относительно ЭМС.

Автоматизированный тепловой пункт модульного типа серии АТП-ТермаРОН за более чем пять лет практической эксплуатации показал себя надёжным, высокоэффективным, экологически безопасным источником тепловой энергии и горячей воды для целей отопления и горячего водоснабжения, с высоким уровнем автоматизации в дискретном режиме

6. Устройство соответствует самому высокому классу энергоэффективности А и требованиям Федерального закона от 23 ноября 2009 года №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
7. АТП-ТермаРОН соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.2496–09 (Изменения к СанПиН 2.1.4.1074-01) в части «Гигиенических требований к обеспечению безопасности систем ГВС, обеспечения эпидемиологической безопасности, безвредности химического состава, а также благоприятных органолептических свойств горячей воды, используемой для хозяйственно-бытовых нужд».
8. По данным Московской областной строительной экспертизы, имеющихся ТУ 485972-002-18522064–2017 на рассматриваемое устройство достаточно, чтобы определить, что это простое и безопасное устройство заводского изготовления, не требующее при отдельной установке специальной экспертизы, так как электрическая мощность одного модуля не превышает 60 кВт (мощность АТП-ТермаРОН в различных исполнениях — 5, 10, 15 кВт).
9. Всероссийский НИИ Сертификации (НИИС) сделал заключение, что, поскольку мощность АТП-ТермаРОН не превышает 60 кВт, данная продукция не попадает под действие Технического регламента Таможенного союза (ТР ТС 004/2011) «О безопасности низковольтного оборудования». В соответствии с этим получен Сертификат соответствия №ТС RU C-1Ш.АД75.В.00831 от 20 декабря 2017 года.
10. Агрегат обладает высокими потребительскими свойствами. Качество предоставляемых услуг по теплу и горячему водоснабжению соответствует нормативным параметрам.

Выводы

1. С учётом специфики условий, в которых проводились исследования на разных объектах, можно ожидать, что реальный коэффициент генерации тепловой энергии из электрической (в кВт·ч) АТП-ТермаРОН на объектах физической реализации будет равен 2,3–4,6, что в среднем составляет 3,45. При этом установленный в аналогичных стендовых исследованиях коэффициент генерации простого электрического (ТЭНового) котла составил 0,97. Данный факт позволяет предполагать, что стоимость тепловой энергии, генерируемой агрегатом, будет в два-три раза ниже, чем производимой обычными теплогенерирующими устройствами.
2. Требуется продолжить мониторинг работы АТП-ТермаРОН на различных объектах в разных природно-климатических зонах, в первую очередь на территориях Крайнего Севера и удалённых местностях.
3. Очевидны резервы повышения эффективности устройства, также и за счёт включения новых физико-химических процессов. Требуется продолжить НИР и ОКР по использованию этих процессов.
4. Государственный университет «Дубна» выразил заинтересованность и готовность совместно с НПФ ООО «ЭкоМИРТ» участвовать в совершенствовании АТП-ТермаРОН и других изделий по согласованной Программе на 2019–2022 годы. Для этой цели будут привлечены также ведущие специалисты Международной научно-исследовательской организации «Объединённый институт ядерных исследований» (ОИЯИ, город Дубна).
5. Рассматриваемый агрегат прошёл апробацию в различных регионах Российской Федерации, показал высокую эффективность и может быть применён для практического использованиях в жилых, административных, общественных, учебных, офисных и на любых других объектах для обеспечения энергоэффективного отопления и горячего водоснабжения. Параллельно проводимые научные исследования позволят ещё более оптимизировать режимы работы и повысить его энергоэффективность. ●

27-29 ОКТЯБРЯ 2020

МОСКВА, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО»

HEAT&POWER

Самая крупная по количеству участников в России и СНГ выставка промышленного котельного, теплообменного, электрогенерирующего оборудования и трубопроводных систем для тепловых сетей

- Более **300** брендов ведущих мировых производителей
- Более **6800** посетителей – конечных потребителей и дилеров продукции для теплоэлектроснабжения предприятий

Организатор

Международная Выставочная Компания

+7 (495) 252 11 07
heatpower@mvk.ru

Забронируйте стенд
heatpower-expo.ru

PLUMBING AND SANITARY ENGINEERING, WATER SUPPLY, DRAINAGE

Theoretical development of the model of ultrasonic action on mineral-lipid compounds in water. Pp. 14–16.

Pavel D. Vikulin, PhD, Associate Professor; **Anna N. Eroshina**, undergraduate student; **Valeria A. Mikhailina**, undergraduate student, Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)

1. Goljamina I.P. Ul'trazvuk. *Malen'kaja jenciklopedija* [Ultrasound. The little encyclopedia]. Moscow. *Sovetskaja jenciklopedija* ["The Soviet Encyclopedia" Publishing House]. 1979. 400 p. [In Russian]
2. *Fizika i tehnika moshhnogo ul'trazvuka. T. 2. Moshhnye ul'trazvukovye polja* [Physics and technology of powerful ultrasound. Vol. 2. Powerful ultrasonic fields]. Edited by L.D. Rozenberg. Moscow. *Izd-vo "Kniga po trebovaniju"* ["The book on demand" Publishing House]. 2012. 268 p. [In Russian]
3. Vikulin P.D. *Fiziko-himicheskie projavlenija akusticheskogo polja v tehnologijah kondicionirovanija vody: monografija* [Physico-chemical manifestations of the acoustic field in water conditioning technologies: A monograph]. Moscow. *Izd-vo "ASV"* [Publishing House of the Association of Construction Universities]. 2004. 251 p. [In Russian]
4. Flinn G.G. *Fizicheskaja akustika. T. 1. Metody i pribory ul'trazvukovyh issledovanij* [Physical acoustics. Vol. 1. Methods and instruments of ultrasonic research]. Trans. from Eng. and edited by L.D. Rozenberg. Moscow. *Mir* ["The World" Publishing House]. 1967. 362 p. [In Russian]
5. Alekseev E.V. *Osnovy tehnologii ochistki stochnyh vod flotaciej* [The basics of flotation wastewater treatment technology]. Moscow. *Izd-vo "ASV"* [Publishing House of the Association of Construction Universities]. 2009. 137 p. [In Russian]

Protection of water bodies from technogenic pollution in the diversion of surface wastewater from the territories of cities and settlements. Pp. 17–21.

Galina P. Varushina, PhD, Associate Professor, Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)

1. Chechevichkin V.N., Vatin N.I. *Osobennosti sostava i ochistki poverhnostnogo stoka s territorii gorodov i promyshlennyh ploshhadok* [Features of the composition and purification of surface runoff from cities and industrial sites]. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal* [Civil Engineering Journal]. 2014. No. 6. Pp. 67–74. [In Russian]
2. Rabinskij M.A., Dushko A.O., Mironchik G.M., Zhirov E.N. *Ochistka hozjajstvenno-bytovyh i dozhdevyh stochnyh vod v Rossijskoj Federacii: problemy i puti reshenija* [Treatment of domestic and rain wastewater in the Russian Federation: problems and solutions]. *Inzhenernye sistemy* ["Engineering systems" Magazine]. 2012. No. 2. Pp. 16–20. [In Russian]
3. Kim A.N., Mihajlov A.V., Grafova E.O. *Tehnicheskie aspekty poverhnostnogo stoka s urbanizirovannyh territorij* [Technical aspects of surface runoff from urban areas]. St. Petersburg. *Izd-vo SPbGASU* [Publishing House of the Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering]. 2017. 200 p. [In Russian]
4. Bleck G.T., Zinger Y., Deletić A., Fletcher T., Viklander M. Influence of intermittent wetting and drying conditions on heavy metal removal by stormwater biofilters. Water Research. Vol. 43. 2009. Pp. 4590–4598.
5. Hatt B.E., Fletcher T.D., Deletić A. Hydrologic and pollutant removal performance of stormwater biofiltration systems at the field scale. Journal of Hydrology. Vol. 365. No. 3–4. 2009. Pp. 310–321.
6. Takaijudin H., Ghani A., Zakaria N. Preliminary study on impacts of variation engineered soil composition in bioretention on hydraulic performance. 13th International Conference on Urban Drainage. September 7–12, 2014. Sarawak, Malaysia. 9 p.
7. Feofanov Ju.A., Mishukov B.G. *Osobennosti formirovanija sostava poverhnostnyh stochnyh vod i vybor sooruzhenij po ih ochistke* [Features of the formation of surface wastewater composition and the choice of treatment facilities]. *Voda i jekologija: problemy i reshenija* ["Water and ecology: problems and solutions" Magazine]. 2017. No. 3. Pp. 49–66. [In Russian]
8. Varjushina G.P., Primin O.G. *Opyt jekspluatacii kompleksov ochistnyh sooruzhenij poverhnostnyh stokov i rekomendacii po sovershenstvovaniju tehnologii obrabotki osadka* [Experience in the operation of complexes of wastewater treatment plants for surface effluents and recommendations for improving the technology of sludge treatment]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* ["Water supply and sanitary equipment" Magazine]. 2018. No. 4. Pp. 39–47. [In Russian]
9. Varjushina G.P., Primin O.G. *Prakticheskie aspekty jekspluatacii ochistnyh sooruzhenij poverhnostnyh stochnyh vod v zimnij period* [Practical aspects of the operation of treatment facilities for surface wastewater in the winter]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* ["Water supply and sanitary equipment" Magazine]. 2019. No. 1. Pp. 28–35. [In Russian]

Theoretical studies of the motion of air bubbles in the water flow during aeration. Pp. 22–24.

Vera B. Vikulina, PhD, Associate Professor; **Larisa V. Inesina**, undergraduate student, Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)

1. Landau L.D., Lifshic E.M. *Gidrodinamika* [Hydrodynamics]. 5th edition, stereotyped. Moscow. *Fizmatlit* [Publishing House of physical, mathematical and technical literature]. 2001. 736 p. [In Russian]
2. Frank-Kameneckij D.A. *Osnovy makrokinetiki. Diffuzija i teploperedacha v himicheskoj kinetike: uchebnik-monografija* [The basics of macrokinetics. Diffusion and heat transfer in chemical kinetics: A monograph textbook]. 4th edition. Dolgoprudnyj. *ID "Intellekt"* ["Intellect" Publishing House]. 2008. 408 p. [In Russian]

PLUMBING AND SANITARY ENGINEERING, WATER SUPPLY, DRAINAGE

3. Kiseljov P.G. Gidravlika. *Osnovy mehaniki zhidkosti: ucheb. posob.* [Hydraulics. The basics of fluid mechanics: A tutorial]. Moscow. *Jenergija* ["Energy" Publishing House]. 1980. 360 p. [In Russian]
4. Vikulin P.D., Vikulina V.B. *Gidravlika i ajerodinamika sistem vodosnabzhenija i vodootvedenija* [Hydraulics and aerodynamics of water supply and sanitation systems]. Moscow. *Izd-vo MISI-MGSU* [Publishing House of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2018. 396 p. [In Russian]

HEATING, HOT WATER AND GAS SUPPLY

Study of radiated heating systems on the base of low-temperature infrared radiators. Pp. 32–36.

Valeriy I. Bodrov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department; **Mihail V. Bodrov**, Doctor of Technical Sciences, Professor; **Aleksandr A. Smykov**, postgraduate student, the Department of Heating and Ventilation, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering (NNGASU, Nizhny Novgorod city)

1. *Ob jenergosberezhenii i o povyshenii jenergeticheskoj jeffektivnosti, i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii* [On energy conservation and on improving energy efficiency, and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation]. *Feder. zakon ot 23.11.2009 №261-FZ* (red. ot 13.07.2015) [Federal Law of November 23, 2009 No. 261-FL (as amended on July 13, 2015)]. [In Russian]
2. Bodrov V.I., Smykov A.A. *Issledovanie teplovogo rezhima naruzhnyh ograzhdajushhih konstrukcij v promyshlennyh pomeshhenijah s sistemami otoplenija na baze infrakrasnyh izluchatelej* [The study of the thermal regime of external building envelopes in industrial premises with heating systems based on infrared emitters]. *Privolzhskij nauchnyj zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. 2018. No. 2. Pp. 29–36. [In Russian]
3. Bodrov V.I., Smykov A.A. *Teplofizicheskie harakteristiki teplovogo kontura zdanij s gazovymi infrakrasnymi izluchateljami* [Thermophysical characteristics of the thermal circuit of buildings with gas infrared emitters]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (S.O.K.)* [Journal of Plumbing. Heating. Ventilation]. 2014. No. 7. Pp. 52–55. [In Russian]
4. Bulatov A.L., Zagrebina E.V. *Jeffektivnost' ispol'zovanija infrakrasnyh gazovyh izluchatelej dlja otoplenija proizvodstvennyh pomeshhenij PAO "Magnitogorskij metallurgicheskij kombinat"* [Efficiency of using infrared gas emitters for heating industrial premises of "Magnitogorsk Iron and Steel Works" Public Company]. *AVOK* [Journal of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics (ABOK)]. 2007. No. 2. Pp. 36–40. [In Russian]
5. Kurilenko N.I., Maksimov V.I., Mamontov G.Ja., Nagornova T.A. *Teplovoj rezhim proizvodstvennyh pomeshhenij s sistemami otoplenija na baze gazovyh infrakrasnyh izluchatelej* [Thermal conditions of production facilities with heating systems based on gas infrared emitters]. Tomsk. *Izd-vo TPU* [Publishing House of Tomsk Polytechnic University]. 2013. 101 p. [In Russian]
6. Buhmirov V.V., Krupennikov S.A., Solnyshkova Ju.S. *Algoritm raschjot sistem luchistogo otoplenija pomeshhenij* [Algorithm calculation of radiant heating systems]. *Vestnik IGJeU* [Bulletin of Ivanovo Power Engineering Institute]. 2010. Issue 4. Pp. 23–25. [In Russian]
7. *SanPiN* [Sanitary Norms and Regulations of Russia (Russian Public Health Regulations)] *2.2.4.548–96. Gigienicheskie trebovanija k mikroklimatu proizvodstvennyh pomeshhenij* [Hygienic requirements for the microclimate of industrial premises]. [In Russian]
8. *SP* [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No.] *50.13330.2012. Teplovaja zashhita zdanij* [Thermal protection of buildings]. *Aktualiz. red. SNiP* [Updated version of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No.] *23-02–2003.* [In Russian]

Software for numerical simulation of autonomous combined heat and power plants with reciprocating engines. Pp. 38–42.

Andrey A. Malozemov, Doctor of Technical Sciences, Docent, Professor of the Wheeled and Tracked Vehicles Department; **Aleksey V. Naumov**, Head of the Educational Unit, Deputy Head of the "The Tank corps" Department; **Georgiy A. Malozemov**, student, the Mathematics, mechanics and computer technologies faculty, South-Ural State University (National Research University)

1. Il'kovskij K.K., Red'ko I.Ja., Malozjomov A.A. *Dizel'nye jelektroagregaty — baza maloj jenergetiki* [Diesel power units — the base of small energy]. *Malaja jenergetika* ["Small power engineering" Magazine]. 2004. No. 1. Pp. 15–24. [In Russian]
2. Ol'hovskij G.G., Tumanovskij A.G. *Teplojenergeticheskie tehnologii v period do 2030 goda* [Thermal power technologies in the period until 2030]. Izvestija RAN: *Jenergetika* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Energy]. 2008. No. 6. Pp. 79–94. [In Russian]
3. Borutzky W. Bond graph methodology. Development and Analysis of Multidisciplinary Dynamic System Models. London. Springer-Verlag. 2010. 662 p.
4. Malozemov A.A., Kukis V.S., Gimazetdinov R.R. *Razrabotka matematicheskoj modeli i programmnogo obespechenija dlja imitacionnogo modelirovanija porshnevyh DVS* [Development of a mathematical model and software for simulation of piston internal combustion engines]. *Dvigatelestroenie* ["Engine construction" Magazine]. 2018. No. 3. Pp. 3–9. [In Russian]
5. Malozemov A.A., Bondar V.N., Egorov V.V., Malozemov G.A. Digital twins technology for internal combustion engines development. Proc. of IEEE Global Smart Industry Conference (GloSIC). 2018. Pp. 1–6.

HEATING, HOT WATER AND GAS SUPPLY

6. Gimazetdinov R.R., Malozemov A.A., Kukis V.S., Malozemov G.A. *Programma dlja imitacionnogo modelirovanija kogeneracionnoj jenergeticheskoj ustanovki s porshnevym dvigatelem vnutrennego sgoranija (cifrovoj dvojnik)* [The program for simulation of a cogeneration power plant with a reciprocating internal combustion engine (digital twin)]. *Certificate of state registration No. 2019610874 on January 18, 2019.* Copyright holder: South-Ural State University. Decl. on December 29, 2018. Publ. on January 18, 2019. Bull. No. 1. [In Russian]
7. Fritzson P. Principles of object-oriented modeling and simulation with Modelica 3.3: A cyber-physical approach. Wiley-IEEE Press. New-York, USA. 2014. 1256 p.
8. Gimazetdinov R.R., Malozemov A.A., Kukis V.S. *Dizel'-generatornaja ustanovka s utilizaciej sbrosovoj teploty porshnevogo dvigatelja* [Diesel generator set with the utilization of waste heat of a piston engine]. *Traktory i sel'hozmashiny* ["Tractors and agricultural machinery" Magazine]. 2018. No. 2. Pp. 3–7. [In Russian]

AIR CONDITIONING AND VENTILATION

The influence of stack effect on air exchange in a high-rise residential building. Pp. 56–59.

M. V. Samoletov, executive officer of "MM-Technologies", LTD; **V. I. Vorobyev**, graduate student, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU)

1. *SP* [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No.] *50.13330.2012. Teplovaja zashhita zdanij* [Thermal protection of buildings]. Moscow. Minregion Rossii [Russian Ministry of Regional Development]. 2012. 100 p.
2. *SP* [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No.] *7.13130.2013. Otoplenie, ventiljacija i kondicionirovanie. Trebovanija pozharnoj bezopasnosti* [Heating, ventilation and air conditioning. Fire safety requirements]. Moscow. *MChS Rossii* [EMERCOM of Russia]. 2013. 30 p.
3. *SP* [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No.] *60.13330.2016. Otoplenie, ventiljacija i kondicionirovanie vozduha* [Heating, ventilation and air conditioning]. Moscow. *Minstroj Rossii* [Russian Ministry of Regional Development]. 2016. 104 p.
4. *SP* [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No.] *54.13330. Zdanija zhilye mnogokvartirnye* [Residential multi-apartment buildings]. Moscow. *Minstroj Rossii* [Russian Ministry of Regional Development]. 2016. 65 p.
5. *STO NP "AVOK"* [The Construction Code of the "Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics" Non-government Public Organization (ABOK) No.] *2.1–2008. Zdanija zhilye i obshhestvennye. Normy vozduhoobmena* [Residential and public buildings. Norms of air exchange]. Moscow. *NP "AVOK"* ["Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics" Non-government Public Organization (ABOK)]. 2004. 30 p.
6. MacroFlo User Guide. IES Virtual Environment 6.5. Integrated Environmental Solutions, Ltd. 2015. Web-source: iesve.com. Access data: September 2, 2019.
7. Maljavina E.G., Birjukov S.V., Dianov S.N. *Vozdushnyj rezhim vysotnogo zhilogo zdanija v techenie goda. Chast' 1. Vozdushnyj rezhim pri estestvennoj vytjazhnoj ventiljacii* [The air mode of a high-rise residential building during the year. Part 1. Air mode with natural exhaust ventilation]. *AVOK* [Journal of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics (ABOK)]. 2004. No. 8. Pp. 6–12.
8. Maljavina E.G., Birjukov S.V., Dianov S.N. *Vozdushnyj rezhim vysotnogo zhilogo zdanija v techenie goda. Chast' 2. Vozdushnyj rezhim pri mehanicheskoj vytjazhnoj ventiljacii* [The air mode of a high-rise residential building during the year. Part 2. Air mode during mechanical exhaust ventilation]. *AVOK* [Journal of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics (ABOK)]. 2005. No. 1. Pp. 26–32.

ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY SAVING

Hybrid thermal power plant based on renewable energy resources. Pp. 70–75.

Binyam D. Gemechu, postgraduate student; **Vladimir I. Sharapov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ulyanovsk State Technical University (UlGTU, Ulyanovsk city)

1. Sharapov V.I. *O meste al'ternativnyh istochnikov jenergii v otechestvennoj jenergetike* [On the place of alternative energy sources in domestic energy]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (S.O.K.)* [Journal of Plumbing. Heating. Ventilation]. 2019. No. 8. Pp. 78–81. [In Russian]
2. Sharapov V.I., Rotov P.V. *O putjah preodolenija krizisa v rabote sistem teplosnabzhenija* [On ways to overcome the crisis in the operation of heat supply systems]. *Izvestija vuzov. Problemy jenergetiki* [Proc. of Higher Educational Institutions. Energy industry issues]. 2000. No. 5–6. Pp. 3–8. [In Russian]
3. Sharapov V.I. *Osobennosti teplosnabzhenija gorodov pri deficite topliva na jelektrostancijah* [Features of heat supply to cities with fuel shortages in power plants]. *Jelektricheskie stancii* ["Electric power plants" Magazine]. 1999. No. 10. Pp. 63–66. [In Russian]
4. Rotov P.V., Sharapov V.I. *Osobennosti regulirovanija nagruzki sistem teplosnabzhenija v perehodnyj period* [Features of regulation of the load of heat supply systems during the transition period]. *Jenergosberezhenie i vodopodgotovka* ["Energy saving and water treatment" Magazine]. 2010. No. 2. Pp. 25–28. [In Russian]
5. Gemechu B.D., Sharapov V.I. *Perspektivy ispol'zovanija prirodnyh jenergeticheskih resursov v Jefiopii* [Prospects for the use of natural energy resources in Ethiopia]. *Jenergosberezhenie i vodopodgotovka* ["Energy saving and water treatment" Magazine]. 2018. No. 1. Pp. 33–37. [In Russian]
6. Patent of Russia No. 186091 (RU). IPC F24T 50/00. *Geotermal'naja jenergeticheskaja ustanovka* [Geothermal power plant]. V.I. Sharapov, B.D. Gemechu. Decl. on May 31, 2018. Publ. on December 29, 2018. Bull. No. 1. [In Russian]
7. Akalewold S. Evaluation of recent temperature and pressure data from wells in Tendaho geothermal field, Ethiopia and from well HG-1 at Hägöngur, Iceland. United Nations University. UNU Geothermal Training Programme. Reykjavík, Iceland. Reports 2004. No. 15.
8. Morin G., Dersch J., Platzer W., Eck M., Häberle A. Comparison of linear Fresnel and parabolic trough collector systems. Influence of linear Fresnel collector design variations on break even cost. Solar Energy. 2012. No. 86. Pp. 1–12.
9. DiPippo R. Geothermal power plants: principles, applications, case studies and environmental impact. 3rd ed. Butterworth-Heinemann. 2012. 624 p.
10. Sharapov V.I. *Metodika ocenki jenergeticheskoj jeffektivnosti strukturnyh izmenenij v teplovyh shemah TJeS* [Methodology for assessing the energy efficiency of structural changes in thermal schemes of thermal electric power plants]. *Trudy Akademjenergo* [Transactions of Academenergo]. 2015. No. 2. Pp. 27–37. [In Russian]
11. Cheng Z., Elham D., Behdad M. Figure of merit analysis of a hybrid solar-geothermal power plant. Engineering. 2013. No. 5. Pp. 26–31.

Justification of water-supporting and water-conducting structures from composite materials for the development of small and micro hydroelectric power stations in conditions of small stream conditions. Pp. 80–85.

Denis V. Kasharin, PhD, Associate Professor, leading researcher; **Mikhail A. Godin**, assistant, the "Water Management, Engineering Networks and Environment Protection" Department, Platov South-Russian State Polytechnic University (Novocherkassk city)

1. Dyshin A.V., Tonkih A.I., Osipov V.A. et al. *Perspektivy ispol'zovanija mikro-GJeS v gornoj promyshlennosti Dal'nego Vostoka* [Prospects for the use of micro hydroelectric power stations in the mining industry of the Far East of Russia]. *Osvoenie georesursov rossijskogo Dal'nego Vostoka i stran Aziatsko-Tihookeanskogo regiona. Otdel'nye stat'i: Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauch.-tehn. zhurnal)* [The geo-resources development of the Far East of Russia and countries of the Asia-Pacific region. Selected articles: "Mining Information and Analytical Bulletin" Scientific and Technical Journal]. 2016. No. 10 (special issue No. 28). Pp. 29–35. Edited by A.V. Andreev. Moscow. *Izd-vo "Gornaja kniga"* ["The Mining Industry Book" Publishing House]. 2016. 40 p. [In Russian]
2. Krylov A.P., Bakshtanin A.M. *Novye koncepcii v razvitii mikro-gidrojenergetiki. Gidravlika v napornyh vodovodah mikro-GJeS* [New concepts in the development of micro hydropower engineering. Hydraulics in pressure conduits of micro hydroelectric power stations]. *Prirodoobustrojstvo* ["Environmental Engineering" Magazine]. 2017. No. 5. Pp. 8–14. [In Russian]
3. Hossein Naeimi, Mina Nayebi Shahabi, Sohrab Mohammadi. A comparison of prediction methods for design of pump as turbine for small hydro plant: Implemented plant. Earth and Environmental Science. IOP Conference Series. 2017. Vol. 83. Pp. 1–7.
4. Renata Archetti. Micro hydroelectric power. Feasibility of a domestic plant. 2011 International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities. Bologna, Italy. Procedia Engineering. 2011. Vol. 21. Pp. 8–15.
5. Krasnogorskaja N.N., Nafikova Je.V., Belozerova E.A., Tunakova Ju.A., Kuznecova O.N. *Ispol'zovanie maloj gidrojenergetiki kak jekologichnogo i jenergo-jeffektivnogo al'ternativnogo istochnika jenergii* [Use of small hydropower engineering as an environmentally friendly and energy-efficient alternative energy source]. *Vestnik tehnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kazan National Research Technological University]. 2015. Vol. 18. No. 18. Pp. 234–236. [In Russian]
6. Kasharin D.V. Designing decentralized water and electricity supply system for small recreational facilities in the South of Russia. IOPscience. Web-source: iopscience.iop.org. Access data: June 5, 2019.
7. Patent of Russia No. 2607650. IPC E02V 9/02. *Sostavnoj mobil'nyj derivacionnyj vodovod i sposob ego vozvedenija* [The composite mobile derivation conduit and the method of its construction]. Kasharin D.V., Godin M.A. Prop.: "Impul's", LLC. No. 2015106761. Decl. on February 26, 2015. Publ. on September 20, 2016. Bull. No. 26. [In Russian]
8. Godin M.A. *Jeksperimental'nye issledovanija i nauchnoe obosnovanie parametrov mobil'nyh regulirujushhih sooruzhenij rukavnogo tipa* [Experimental studies and scientific basis for parameters of mobile regulatory structures of the sleeve type]. *Izvestija VNIIG im. B.E. Vedeneeva* [Bulletin of the Vedeneev All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering]. 2018. Vol. 288. Pp. 66–74. [In Russian]
9. Kasharin D.V. Using biopositive constructions made of composite materials in water and electricity supply for recreational facilities. IEEE Xplore. Web-source: ieeexplore.ieee.org. Access data: June 5, 2019.
10. Kasharin D.V. *Zashhitnye inzhenernye sooruzhenija iz kompozitnyh materialov v vodohozjajstvennom stroitel'stve: monografija* [Protective engineering structures made of composite materials in water-resistant construction: A monograph]. Novocherkassk. *JuRGTU (NPI)* [Platov South-Russian State Polytechnic University]. 2012. 343 p. [In Russian]
11. Kasharin D.V. Intelligent decision support systems in the design of mobile micro hydropower plants and their engineering protection. Proc. of the First International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry". 2016. Pp. 239–248. Advances in Intelligent Systems and Computing. Springer. 2019. Vol. 451. [In Russian]
12. Kasharin D.V. Optimizing the parameters of water-retaining protective structures under small stream conditions. Procedia Engineering. 2016. Vol. 150. Pp. 1804–1810.

16-я МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

МИР КЛИМАТА 2020

Системы кондиционирования и вентиляции, отопление, промышленный и коммерческий холод

ufi Approved Event

ГЛАВНОЕ ОТРАСЛЕВОЕ СОБЫТИЕ ГОДА*

МИР КЛИМАТА

Бесконечный МИР технологий КЛИМАТА

250 КОМПАНИЙ-УЧАСТНИКОВ

22 615 СПЕЦИАЛИСТОВ ОТРАСЛИ

81 РЕГИОН

24 СТРАНЫ МИРА

* СОГЛАСНО ДАННЫМ ООО «ЕВРОЭКСПО» НА ОСНОВАНИИ КОЛИЧЕСТВА ПОСЕТИТЕЛЕЙ, ПРОФИЛЯ УЧАСТНИКОВ И СТРАН-УЧАСТНИЦ ВЫСТАВКИ 2019 ГОДА

12+ РЕКЛАМА

10 - 13 марта 2020

Москва, ЦВК «Экспоцентр»

www.climatexpo.ru

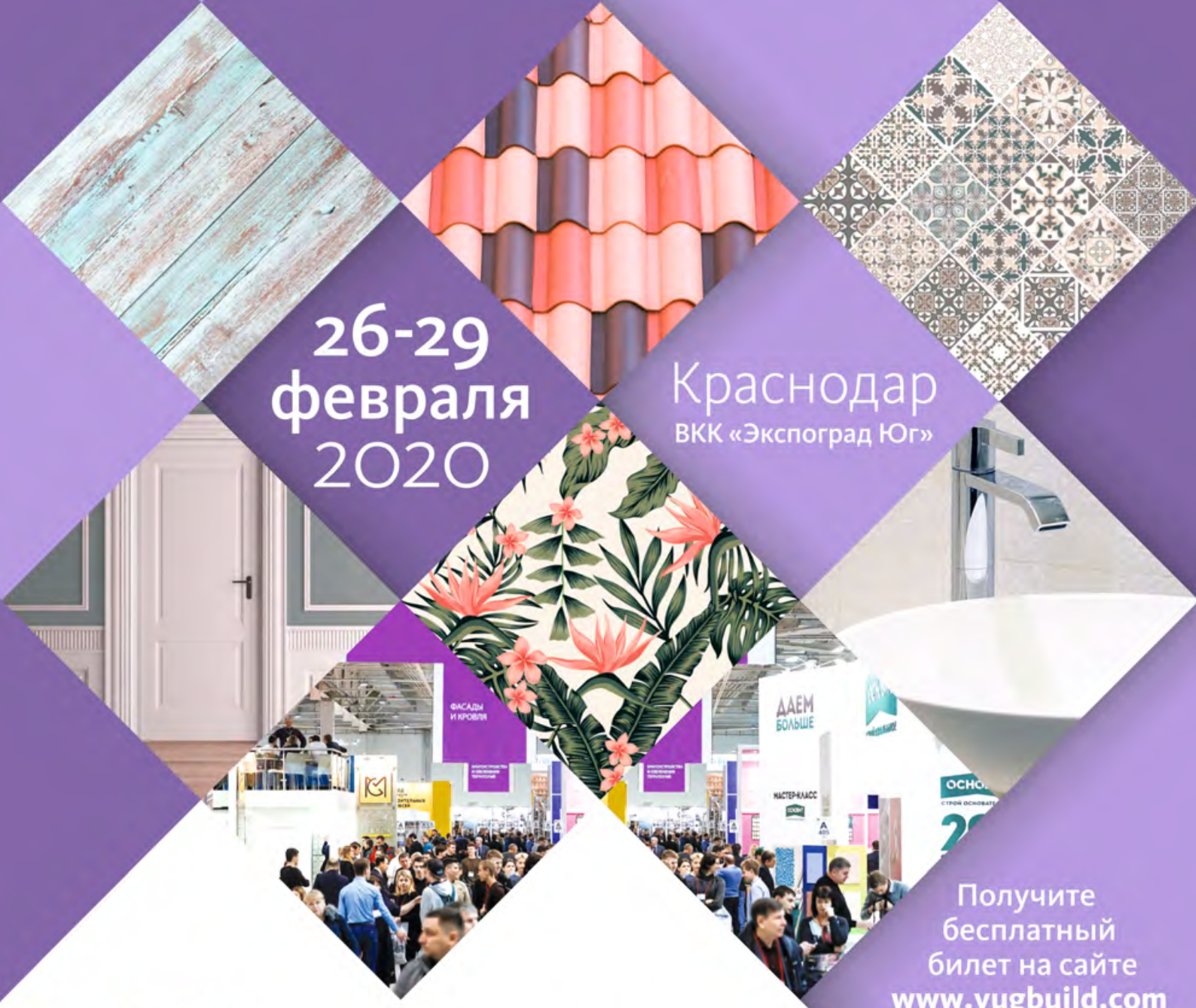
ОРГАНИЗАТОРЫ: ЕВРОЭКСПО EUROEXPO, ANUK

ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ПАРТНЕРЫ: МЭС МОНТАЖ, МЭС ПРОЕКТ

ОФИЦИАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ ВЫСТАВКИ: МИР КЛИМАТА

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР: МИР КЛИМАТА ХОЛОДА

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ: РОССОЮЗХОЛОДПРОМ, НОСТРОЙ, НОПРИЗ, НОЭ, EUROVENT



26-29 февраля 2020

Краснодар

ВКК «Экспоград Юг»

Получите бесплатный билет на сайте **www.yugbuild.com**

ВАШ ПРОМОКОД:

K72-NA-5735

YugBuild

30 ЮБИЛЕЙНАЯ

Выставка отделочных и строительных материалов, инженерного оборудования

Официальный информационный спонсор

Композит XXI век

Региональный информационный партнер

ОБУСТРОЙСТВО

журнал для тех, кто строит и делает ремонт

Организатор

Международная Выставочная Компания

+7 (861) 200-12-34

yugbuild@krasnodarexpo.ru

Наше будущее
в наших руках. Мы можем сделать его **лучше**

Новейшие технологии позволяют снизить негативное воздействие на окружающую среду и остановить изменение климата

Население городов к 2030 году вырастет на 1 млрд. Повышение объемов производства энергии привело к увеличению вредных выбросов на 50% за последние 20 лет. Мегаполисам нужны более чистые и эффективные способы производства энергии, тепло- и холодоснабжения, водоснабжения, переработки мусора

в 2 раза

можно сократить энергопотребление зданий, применяя технологии Danfoss

ENGINEERING
TOMORROW

Danfoss

www.danfoss.ru

Реклама.